

DIAGNOSTIK SUBKLINISCHER MASTITIDEN DES RINDES

**Vergleichende Untersuchungen über Zellgehalt,
Schalm-Mastitis-Test und elektrische Leitfähigkeit von
Viertelgemelksproben**

RUDOLF GÖTZ



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Gynäkologischen und Ambulatorischen Tierklinik
der Universität München
Lehrstuhl: Prof. Dr. M. Rüsse
Arbeit angefertigt unter Leitung von Prof. Dr. K. Walser

DIAGNOSTIK SUBKLINISCHER MASTITIDEN DES RINDES
Vergleichende Untersuchungen über Zellgehalt, Schalm-Mastitis-Test
und elektrische Leitfähigkeit von Viertelgemelksproben

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Rudolf Thomas Götz
aus
Oberhummel

München 1989

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Univ.-Prof. Dr. K. Walser

Korreferent: Prof. Dr. Dr.habil. F. Graf

Tag der Promotion: 24. Februar 1989

1.	Einleitung	1
2.	Die Entstehung der Kunst	2
3.	Die Entwicklung der Kunst	3
4.	Die Kunst der Antike	4
5.	Die Kunst des Mittelalters	5
6.	Die Kunst der Renaissance	6
7.	Die Kunst des Barock	7
8.	Die Kunst des 18. Jahrhunderts	8
9.	Die Kunst des 19. Jahrhunderts	9
10.	Die Kunst des 20. Jahrhunderts	10
11.	Die Kunst der Gegenwart	11
12.	Die Kunst der Zukunft	12
13.	Die Kunst der Vergangenheit	13
14.	Die Kunst der Gegenwart	14
15.	Die Kunst der Zukunft	15
16.	Die Kunst der Vergangenheit	16
17.	Die Kunst der Gegenwart	17
18.	Die Kunst der Zukunft	18
19.	Die Kunst der Vergangenheit	19
20.	Die Kunst der Gegenwart	20
21.	Die Kunst der Zukunft	21
22.	Die Kunst der Vergangenheit	22
23.	Die Kunst der Gegenwart	23
24.	Die Kunst der Zukunft	24
25.	Die Kunst der Vergangenheit	25
26.	Die Kunst der Gegenwart	26
27.	Die Kunst der Zukunft	27
28.	Die Kunst der Vergangenheit	28
29.	Die Kunst der Gegenwart	29
30.	Die Kunst der Zukunft	30
31.	Die Kunst der Vergangenheit	31
32.	Die Kunst der Gegenwart	32
33.	Die Kunst der Zukunft	33
34.	Die Kunst der Vergangenheit	34
35.	Die Kunst der Gegenwart	35
36.	Die Kunst der Zukunft	36
37.	Die Kunst der Vergangenheit	37
38.	Die Kunst der Gegenwart	38
39.	Die Kunst der Zukunft	39
40.	Die Kunst der Vergangenheit	40
41.	Die Kunst der Gegenwart	41
42.	Die Kunst der Zukunft	42
43.	Die Kunst der Vergangenheit	43
44.	Die Kunst der Gegenwart	44
45.	Die Kunst der Zukunft	45
46.	Die Kunst der Vergangenheit	46
47.	Die Kunst der Gegenwart	47
48.	Die Kunst der Zukunft	48
49.	Die Kunst der Vergangenheit	49
50.	Die Kunst der Gegenwart	50
51.	Die Kunst der Zukunft	51
52.	Die Kunst der Vergangenheit	52
53.	Die Kunst der Gegenwart	53
54.	Die Kunst der Zukunft	54
55.	Die Kunst der Vergangenheit	55
56.	Die Kunst der Gegenwart	56
57.	Die Kunst der Zukunft	57
58.	Die Kunst der Vergangenheit	58
59.	Die Kunst der Gegenwart	59
60.	Die Kunst der Zukunft	60
61.	Die Kunst der Vergangenheit	61
62.	Die Kunst der Gegenwart	62
63.	Die Kunst der Zukunft	63
64.	Die Kunst der Vergangenheit	64
65.	Die Kunst der Gegenwart	65
66.	Die Kunst der Zukunft	66
67.	Die Kunst der Vergangenheit	67
68.	Die Kunst der Gegenwart	68
69.	Die Kunst der Zukunft	69
70.	Die Kunst der Vergangenheit	70
71.	Die Kunst der Gegenwart	71
72.	Die Kunst der Zukunft	72
73.	Die Kunst der Vergangenheit	73
74.	Die Kunst der Gegenwart	74
75.	Die Kunst der Zukunft	75
76.	Die Kunst der Vergangenheit	76
77.	Die Kunst der Gegenwart	77
78.	Die Kunst der Zukunft	78
79.	Die Kunst der Vergangenheit	79
80.	Die Kunst der Gegenwart	80
81.	Die Kunst der Zukunft	81
82.	Die Kunst der Vergangenheit	82
83.	Die Kunst der Gegenwart	83
84.	Die Kunst der Zukunft	84
85.	Die Kunst der Vergangenheit	85
86.	Die Kunst der Gegenwart	86
87.	Die Kunst der Zukunft	87
88.	Die Kunst der Vergangenheit	88
89.	Die Kunst der Gegenwart	89
90.	Die Kunst der Zukunft	90
91.	Die Kunst der Vergangenheit	91
92.	Die Kunst der Gegenwart	92
93.	Die Kunst der Zukunft	93
94.	Die Kunst der Vergangenheit	94
95.	Die Kunst der Gegenwart	95
96.	Die Kunst der Zukunft	96
97.	Die Kunst der Vergangenheit	97
98.	Die Kunst der Gegenwart	98
99.	Die Kunst der Zukunft	99
100.	Die Kunst der Vergangenheit	100

MEINER MUTTER

THERESE GÖTZ

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1.	Einleitung	1
2.	Literaturbesprechung	2
2.1.	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit	2
2.1.1	Einheit	2
2.1.2	Elektrische Leitung in Flüssigkeiten	2
2.1.3	Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten	3
2.2	Zusammensetzung der Milch im Hinblick auf die Leitfähigkeit	3
2.2.1	Elektrische Leitfähigkeit der Milch	3
2.2.2	Faktoren, welche die Zusammensetzung der Milch im Hinblick auf die Leitfähigkeit beeinflussen	4
2.2.3	Die Milchsätze als Hauptträger der elektrischen Leitfähigkeit	7
2.3	Zusammenhang von Mastitis, elektrischer Leitfähigkeit der Milch und der Zellzahl der Milch	13
2.3.1	Bedeutung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch als Indikator für die Erkennung der Rindermastitis	14
2.3.1.1	Allgemeines	14
2.3.1.2	Spezieller Literaturteil	17
2.3.1.3	Zusammenfassung	39
3.	Eigene Untersuchungen	40
3.1	Thematik	40
3.2	Tiermaterial	40
3.3	Methodik	40
3.3.1	Leitfähigkeitsbestimmung mit dem Meßgerät MAS-D-TEC MD 18	41
3.3.2	Ausführung des Schalm-Mastitis-Tests (SMT)	42
3.3.3	Mikrobiologische Untersuchungen	43
3.3.4	Bestimmung der Zellzahl	43
3.3.5	Methoden der Datenauswertung	44

4. **Untersuchungsergebnisse**
- 4.1 **Elektrische Leitfähigkeit**
- 4.2 **Schalm-Mastitis-Test**
- 4.3 **Zellzahl**
- 4.4. **Mikrobiologische Untersuchung**
- 4.5 **Auswertung der Schalm-Mastitis-Test-Ergebnisse**
- 4.6 **Vergleich und Zusammenhang der elektrischen Leitfähigkeitsstufen von 0 bis 9 mit der Zellzahl**
- 4.7 **Auswertung der bakteriologischen Untersuchungsergebnisse**
- 4.8 **Korrelation der Meßergebnisse untereinander**
- 4.9 **Zuordnung der Meßdaten zu verschiedenen Stadien der Euter-gesundheit**
5. **Diskussion**
6. **Zusammenfassung/Summary**
7. **Literaturverzeichnis**

1. Einleitung

Die enormen wirtschaftlichen Schäden, welche durch Mastitiden ausgelöst werden, brachten die Wissenschaft auf eine Vielzahl von Diagnoseverfahren, um dem Krankheitsgeschehen in der modernen Milchviehintensivhaltung begegnen zu können.

Eine Diagnosemethode bedient sich hierbei der elektrischen Leitfähigkeit der Milch. Es kann so direkt am Milchvieh die Mastitiskontrolle durchgeführt werden und besonders die schwierig zu erkennende subklinisch verlaufende Mastitis mittels veränderter elektrischer Leitfähigkeit der Milch herausgefunden werden.

In der vorliegenden Arbeit sollte ein tragbares Leitfähigkeitsmeßgerät unter Stall- bzw. Praxisbedingungen eingesetzt werden.

Ein Vergleich der dabei erhaltenen Ergebnisse mit anderen Verfahren der Mastitisdiagnostik wurde durchgeführt.

2. Literaturbesprechung

2.1 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

2.1.1 Einheit

Die Einheit der elektrischen Leitfähigkeit ist Siemens (S) je Zentimeter (S.cm^{-1}). Ein Siemens ist dabei der Kehrwert von einem Ohm (Ω), dem Maß für den elektrischen Widerstand ($1\text{S} = 1/\Omega$). In Analogie zum reziproken Wert des elektrischen Widerstandes wird in der englischsprachigen Literatur auch mho .cm geschrieben (rückwärts gelesen "ohm"). Ein Elektrolyt hat eine Leitfähigkeit von 1S.cm^{-1} , wenn durch ihn in einer würfelförmigen Meßzelle der Kantenlänge 1 cm, in der zwei gegenüberliegende Seitenflächen die Elektroden bilden, bei einer Spannung von 1 Volt ein Strom von 1 Ampere fließt ($1\text{S} = 1 \frac{\text{A}}{\text{V}}$); (HAMMER 1975; HAMMER 1976; TÜPEL 1976).

Im physikalischen Sinne ist die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Milch Gegenstand dieser Arbeit. In Anlehnung an andere Arbeiten und Sachregister wird auf das Adjektiv "spezifisch" verzichtet.

2.1.2 Elektrische Leitung in Flüssigkeiten

Wässrige Lösungen von Säuren, Salzen und Basen dissoziieren ihre Moleküle als Ladungsträger teilweise in positiv und negativ geladene Ionen. Entsprechend ihrem Aufbau zerfallen:

- a) Säuren in Wasserstoff und Säurerest
- b) Basen in Metall und OH-Gruppe
- c) Salze in Metall und Säurerest

Die bewegten Ladungsträger in Flüssigkeiten sind also Anionen, welche zur Anode wandern und dort durch Elektronenabgabe neutralisiert werden sowie Kationen, die an der Kathode durch Elektronenaufnahme neutralisiert werden. Neutralisierte Ionen können auf Elektroden Beläge bilden, als Gase frei werden oder mit anderen Substanzen des Elektrolyten reagieren.

Die elektrische Leitfähigkeit eines Elektrolyten hängt von der Molarität der gelösten Salze, Säuren oder Basen und deren Dissoziationsgrad ab. Ferner ist die elektrochemische Wertigkeit der Ionen und die Ionenbeweglichkeit im umgebenden Medium, Größe und Form der Ionen mit ihrer Hydrathülle und die Viskosität des umgebenden Elektrolyten wichtig (HAMMER 1975; TÜPEL 1976).

2.1.3 Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten erfolgt durch Eintauchen zweier mit einer Spannungsquelle verbundener Elektroden. Es kann dabei der Strom durch den Elektrolyten oder der Spannungsabfall über den Elektroden gemessen werden, also der Widerstand R , den ein Elektrolyt mit spezifischem Widerstand zwischen zwei planparallelen Elektroden mit der Fläche F und dem Abstand r aufweist (HAMMER 1976).

Bei dem Meßsystem der Wheatstone'schen Brücke wird der Widerstand zwischen den Elektroden mit bekannten Widerständen verglichen. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten verlangt die Beachtung verschiedener beeinflussender Faktoren und Fehlermöglichkeiten, auf die bei der Besprechung des Mediums Milch noch gesondert eingegangen wird.

2.2 Zusammensetzung der Milch im Hinblick auf die Leitfähigkeit

2.2.1 Elektrische Leitfähigkeit der Milch

Da Milch verschiedene Arten von Ionen enthält, ist sie befähigt, elektrischen Strom zu leiten.

Das spezifische Leitvermögen der Milch ist dabei relativ niedrig und zwar ungefähr $0,005 \text{ Ohm}^{-1}$ oder $0,005 \text{ S}$ für normale Vollmilch (JENNES and PATTON, 1967). In der Literatur wird von einer ziemlich weiten Streuung berichtet von 3 bis 10 mS, wobei die höheren Werte für Mastitismilch zutreffen. Die Leitfähigkeit normaler Vollmilch ist im Bereich von 4 bis 6,5 mS (JENNES and PATTON, 1967). Besonderen Anteil an der Leitfähigkeit von Milch haben Natrium-, Kalium- und Chloridionen, da sie in den höchsten Konzentrationen im freien Zustand vorhanden sind.

Die Leitfähigkeit von Vollmilch ist um ca. 10 % niedriger als die von Magermilch. Ein Hauptgrund für diesen Unterschied besteht darin, daß die Fettkügelchen 4 - 5 % des Volumens der Vollmilch und somit eine inerte Verdünnung darstellen. Ein weiterer Grund für den Leitungsunterschied besteht in der tatsächlichen Hemmung des Ionen-Flusses durch die Fettkügelchen in der Vollmilch (JENNES and PATTON 1967).

Das Leitvermögen steigt um ca. 2 %, also ca. 0,1 mS je Grad C Temperaturerhöhung in Nähe Körpertemperatur. Dieser Effekt ist vermutlich teils auf eine gesteigerte Dissoziation der schwachen Elektrolyte und teils auf eine größere Geschwindigkeit der Ionen bei einer Abnahme der Viskosität des Wassers zurückzuführen.

2.2.2 Faktoren, welche die Zusammensetzung der Milch im Hinblick auf die Leitfähigkeit beeinflussen

Milch ist kein gleichbleibendes, einheitliches tierisches Erzeugnis, sondern variiert beträchtlich in der Zusammensetzung. Die Änderungen werden erheblich durch das Zusammenspiel einer Anzahl von Faktoren, welche das physiologische Leistungsvermögen der Kuh zur Milchbildung beeinflussen, verursacht. Einige Veränderungen können jedoch auch aus der Behandlung nach dem Melken resultieren, die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht interessieren. Es bestehen individuelle Variationen in der Zusammensetzung der Milch innerhalb einer Rasse, die auf erbliche Unterschiede und Umweltfaktoren zurückzuführen sind. Die Genetik bestimmt dabei die Fähigkeit eines Tieres, eine bestimmte Milchmenge mit einer bestimmten Zusammensetzung (z.B. Fett, Proteine, Laktose) zu produzieren. Die Umwelt und verschiedene physiologische Faktoren hingegen beeinflussen die Menge und Zusammensetzung der Milch, welche im genetischen Rahmen tatsächlich produziert wird.

Der Fütterungsplan und eine besondere Zusammensetzung der Ration haben keinen großen Einfluß auf die Makro-Zusammensetzung der Milch, da eine Kuh dazu neigt, Milch von möglichst konstanter Zusammensetzung zu produzieren. Lediglich einige Minorbestandteile der Milch wie Vitamin A, Carotin, Jod und einige Spurenmetalle sind stark fütterungsabhängig.

Jahreszeitliche Veränderungen sind in unseren Breiten deutlich festzustellen. Der Fettgehalt zeigt einen ausgesprochen saisonalen Verlauf und ist im Winter höher als im Sommer. Der Gehalt an fettfreier Trockenmasse weist dieselbe Tendenz auf, wenn auch in einem geringeren Grad und mit größerer Unregelmäßigkeit. Es sind dabei der Eiweiß- und der Mineralstoffgehalt im Sommer niedriger als im Winter, der Laktosegehalt scheint saisonalen Einflüssen nur wenig zu unterliegen. Eine Auswirkung der Umgebungstemperatur auf die Zusammensetzung der Milch besteht im Bereich von -1 bis +24 Grad C nur in einer Abnahme des Fettgehaltes um wenige Zehntelprozent mit steigender Temperatur. Zwischen ca. 30 Grad C und 40 Grad C nimmt der Milchertrag ab, der Fettgehalt steigt leicht an, fettfreie Trockenmasse, Gesamtstickstoff und Laktose nehmen ab. Bemerkenswert ist die starke Zunahme (bis zur Verdopplung) des Chlorgehaltes durch hohe Temperaturen. Das Alter der Kuh hat nur geringe Auswirkungen auf die Milchzusammensetzung. So nimmt der Fettgehalt mit steigender Zahl der Laktationsperioden ab (gesamte Laktationszeit $\searrow$ 0,2 %), ebenso der Gehalt an fettfreier Trockenmasse. Der Einfluß des Laktationsstadiums auf die Zusammensetzung der Milch ist beträchtlich. Die größten Veränderungen treten am Anfang und am Ende der Laktationsperiode auf. Das Kolostrum unterscheidet sich von normaler Milch dadurch, daß es mehr Mineralsalze (Aschegehalt), Gesamtprotein, Casein, Serumprotein, aber weniger Laktose enthält. Der Fettgehalt kann variieren. Von den einzelnen Mineralbestandteilen sind Calcium, Magnesium, Phosphor und Chlor in höheren Konzentrationen als in Normalmilch enthalten. Kalium dagegen liegt in geringerer Menge vor.

Der Übergang von Kolostrum zu einer Zusammensetzung, die in den Variationsbereich normaler Milch fällt, ist in ca. 4 Tagen abgeschlossen. Fettfreie Trockenmasse, Gesamtprotein, Casein, Serumprotein, Aschegehalt, Calcium, Phosphor und Chlor zeigen alle ähnliche Tendenzen zu abnehmenden Konzentrationen während der ersten Laktationswochen. Nach einer konstanten Phase steigen die vorgenannten Parameter allmählich bis nahe an das Ende der Laktationsperiode, wo ein beträchtlicher Anstieg vor sich geht, an.

Der Fettgehalt folgt der steigenden Tendenz der fettfreien Trockenmasse. Der Gehalt an Laktose bleibt relativ konstant, sinkt aber am Ende der Laktationsperiode leicht ab.

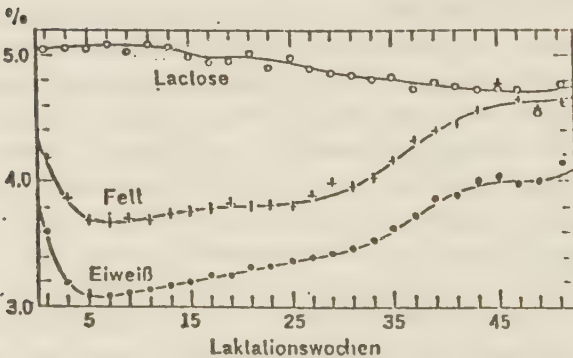


Abb. 1 aus JENNES and PATTON, 1967

Veränderungen des Fett-, Eiweiß- und Laktosegehaltes der Milch während der Laktation. Die Angaben umfassen 2152 Milchproben, die zweiwöchentlich von 58 Kühen genommen wurden. Die Laktose wurde durch Subtraktion errechnet. Angaben von BONNIER et al.

Euterinfektionen beeinflussen die Zusammensetzung der Milch in großem Ausmaß. Es kommt dabei zu einer Senkung der Konzentrationen an Fett, fettfreier Trockenmasse, Laktose und Casein und einem Ansteigen des Serumprotein- und Chlorgehaltes. Die Fähigkeit Casein, Laktose und Fett zu synthetisieren wird herabgesetzt. Die Salze des Blutes gelangen in die Milch, um das Defizit an osmotischem Druck, verursacht durch das gesenkte Laktoseniveau, auszugleichen. Es bestehen auch Variationen in der Milchezusammensetzung zwischen den verschiedenen Eutervierteln, welche besonders bei Infektionen einzelner Viertel durch Mikroorganismen, deutlich hervortreten. Die Infektion eines Viertels muß sich nicht unbedingt auf die anderen Euterviertel ausdehnen.

Es ist bekannt, daß der Fettgehalt der Milch während des Melkvorgangs kontinuierlich ansteigt. Das Anfangsgemelk ist also sehr arm und das Endgemelk sehr reich an Fett. Auch die Zeitintervalle zwischen den Melkvorgängen beeinflussen den Fettgehalt. So ist mit längerem Zeitintervall die Milchmenge größer, der Fettgehalt jedoch niedriger.

2.2.3 Die Milchsalze als Hauptträger der elektrischen Leitfähigkeit

Die Salze der Milch umfassen diejenigen Komponenten, die neben Wasserstoff- und Hydroxyl-Ionen als Ionen oder im Gleichgewicht mit Ionen vorhanden und somit Träger der elektrischen Leitfähigkeit sind. Ein Großteil der Salzkomponenten der Milch sind Mineralstoffe, die Metalle und anorganische Säureradikale enthalten. Im weiteren Sinn stellen auch die Milchproteine einen Teil des Salzsystems dar, da sie sowohl positiv als auch negativ geladene Gruppen tragen und mit positiven und negativen Ionen Salze bilden können. Zu den Makrosalzkomponenten gehören Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, Phosphat, Citrat, Chlorid, Sulfat und Bikarbonat.

Es bestehen Unterschiede in der Salzzusammensetzung der Milch, welche auf genetisch-individueller Basis und auf Rassenunterschieden beruhen. So weist die Milch von Jersey-Kühen gewöhnlich einen höheren Calcium- und Phosphorgehalt auf als Milch von Holstein-Kühen, welche andererseits im allgemeinen einen höheren Milchchloridgehalt aufzeigen als andere Rassen. Auch die Salzgehalte der Milch von Holstein- und Braunviehkühen weisen bemerkenswerte Unterschiede auf.

Bestandteil	Gehalt in mg/100 ml			
	Holstein ¹⁾		Braunvieh ²⁾	
	Mittelwert	Standard- abweichung	Mittelwert	Standard- abweichung
Calcium	111,7	11,7	123,1	10,2
Magnesium	13,1	3,0	13,6	2,40
Natrium	67,6	18,4	43,8	7,25
Kalium	130,2	17,2	138,1	17,1
Phosphor	96,1	9,0	108,3	14,1
Chlorid	107,7	21,6	84,0	7,7

¹⁾ 134 zusammengesetzte Proben über je 28 Tage von 12 einzelnen Holstein-Kühen während einer Laktationsperiode. Angaben von BLACK u. VORIS

²⁾ 489 Proben, von denen jede eine einzelne Melkung einer Herde von Braunviehkühen repräsentiert. Von 39 Herden wurde ein Jahr hindurch an einem Tag monatlich eine Probe genommen. Angaben von OVERMAN et al.

Abb. 2 aus JENNES and PATTON, 1967

Salz-Konstituenten in der Milch von Holstein- und Braunviehkühen

Die Salzzusammensetzung der Milch variiert deutlich während der Laktationsperiode, wobei die größten Veränderungen am Anfang und am Ende der Periode auftreten. Der Aschegehalt der Kolostralmilch ist deutlich höher als jener normaler Milch. Es besteht ein erhöhter Gehalt an Calcium, Phosphat, Magnesium, Chlorid und Natrium. Umgekehrt ist der Kaliumgehalt des Kolostrums niedriger. Alle Werte pendeln sich jedoch rasch auf den Normalgehalt ein.

Der Calcium- und Phosphatgehalt fallen in den ersten fünf Laktationswochen und steigen in den letzten 15 Laktationswochen wieder deutlich an. Ein ähnliches Verhalten wurde auch beim Chloridgehalt der Milch festgestellt. LINZELL und PEAKER (1973) beobachteten, daß das Sekretionsgewebe hochträchtiger Tiere für die einwertigen Ionen durchlässiger wird.

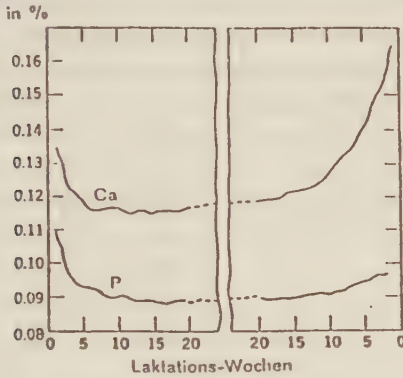


Abb. 3 aus JENNES and PATTON, 1967

Calcium- und Phosphorgehalt der Milch während der ersten und der letzten 20 Wochen der Laktation. Zugrunde liegen 900 Zahlen die 45 Laktionen repräsentieren. Angaben von ELLENBERGER et al.

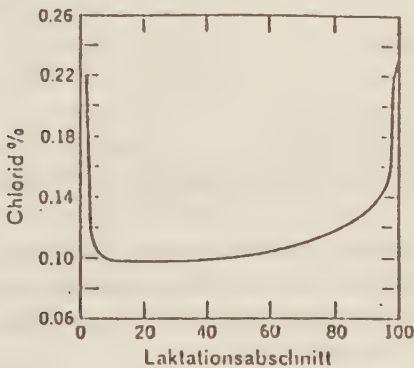


Abb. 4 aus JENNES and PATTON, 1967

Variationen des Chloridgehaltes der Milch im Verlauf einer Laktation. Angaben von SHARP und STRUBLE.

Die Auswirkungen der Fütterung auf die Salzzusammensetzung sind gering, da das Skelett und andere Körperorgane als "Puffermechanismus" dienen. Lediglich eine Futterumstellung auf eine andere Grundfutterzusammensetzung kann nach SCHULZ und Mitarbeiter (1978) zu einem Ansteigen der Leitfähigkeitstendenz führen. Bei einer Euterinfektion steigt der Chloridgehalt der Milch stark an, von normal ca. 0,12 % auf Werte bis 0,3 %. Die Variationen im Natriumgehalt laufen zu denen des Chloridgehaltes parallel. In demselben Maße, in dem Natrium und Chlorid ansteigen, nimmt der Kaliumgehalt ab.

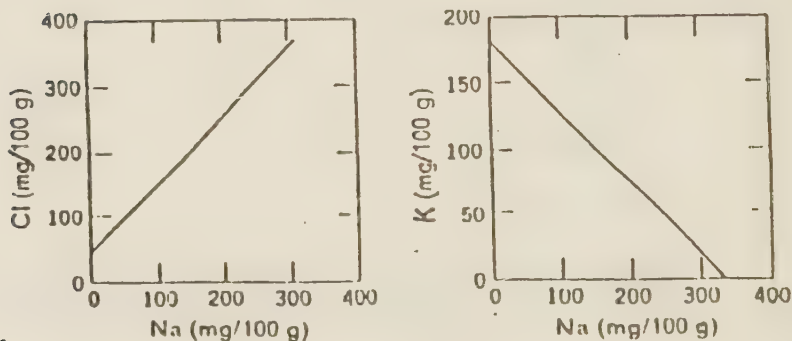


Abb. 5 aus JENNES and PATTON, 1967

Relation zwischen Natrium, Kalium und Chlorid in Milch (einschließlich Mastitis-Milchen). Angaben von BARRY und ROWLAND.

Die Milch von Kühen mit einer schweren Mastitis läßt einen direkten Übergang von Blutelektrolyten in die Milch erkennen (LITTLE und Mitarbeiter 1968, LINZELL und PEAKER 1972, SCHALM und Mitarbeiter 1971, WHELOCK und Mitarbeiter 1966).

Die Korrelationen zwischen den Ionengehalten und der elektrischen Leitfähigkeit werden von LINZELL und PEAKER (1972) als "excellent" beschrieben. MALCOLM und Mitarbeiter schreiben bereits 1942: "The correlation between the conductivity and the chloride content is so high, that there is no need to estimate both".

MIELKE und SCHULZ (1973) fanden Korrelationen zwischen Leitfähigkeit und Natriumgehalt von + 0,87, zwischen Leitfähigkeit und Chloridgehalt von + 0,90, zwischen Leitfähigkeit und Laktosegehalt von - 0,70. Die Ursachen für die Veränderung der Ionengehalte aus Eutervierteln mit erhöhter Zellzahl und/oder mikrobieller Infektion werden unterschiedlich gesehen:

TÖPEL (1976) schreibt: "Die Erreger dringen in das Parenchym ein und kommen so in die Alveolen. Die Fähigkeit der Milchbildungszellen Kasein, Lactose und Fett zu synthetisieren sinkt. Um den osmotischen Druck aufrechtzuerhalten, gelangen vermehrt Ionen des Blutes in die Milch". Dies erklärt jedoch nicht den Rückgang der Kaliumkonzentration, durch den der osmotische Druck zusätzlich sinkt.

JENNES und PATTON (1967) und RENNER (1972) vertreten ähnliche Auffassungen wie TÖPEL.

LINZELL und PEAKER (1971a und 1971d) begründen die Milchveränderungen differenzierter: "In nicht infizierten Drüsen gelangen die Ionen K^+ , Na^+ , und Cl^- nur durch das Epithel der Alveolen in die Milch. Die hohen K^+ - Gehalte und die niedrigen Na^+ und Cl^- - Gehalte der normalen Milch sind durch die Unversehrtheit und den aktiven Metabolismus der Alveolarzellen bestimmt (1971a und 1971d). Die größeren Milchgänge sind normalerweise undurchlässig für diese Ionen (LINZELL und PEAKER, 1971b)".

Eine Ursache für die typischen Veränderungen von Ionengehalt und Laktosegehalt können also Faktoren sein, welche den Stoffwechsel der Zellen so beeinflussen, daß die durch aktiven Transport erreichten Konzentrationsgefälle zwischen Blut und Milch nicht aufrechterhalten werden können. Schädigungen von Sekretions- und Gangepithel, etwa durch Mikroorganismen und/oder deren Toxine, lassen größere Noxen erwarten. Es findet ein Ausgleich zwischen Blut und extravasaler Flüssigkeit statt. Dies führt zu einer Erhöhung von Na^+ und Cl^- und zu einer Senkung von Laktose und K^+ in der Milch (LINZELL und PEAKER 1971d, 1972).

Die Autoren sehen also nicht ein vermindertes Laktosebildungsvermögen als Ursache für die Ionengehaltsänderungen an, sondern der veränderte Laktosegehalt ist wie die Ionenkonzentration als eine Annäherung an die Blutelektrolytkonzentration aufgrund einer gesteigerten Epithelpermeabilität zu sehen. MIELKE (1965 und 1969) stimmt mit dieser Auffassung überein, er fand, daß in geschädigten Eutern der Laktosegehalt der Zisternenmilch geringer war als der der Alveolarmilch. Wurde die Alveolarmilch erst 2 bis 3 Stunden nach Auslösung des Ejektionsreflexes gewonnen, verringerte sich deren Laktosegehalt. Das Ausmaß der Veränderungen der Na^+ und Cl^- -Gehalte zeigten WHEELOCK und Mitarbeiter 1966 (Auszug verändert).

Tabelle 1

Gehalte der Milch an Na^+ - und Cl^- -Ionen nach experimenteller Infektion eines Euterviertels. Das benachbarte gesunde Viertel ist als Bezugsbasis verwendet, seine Ionengehalte sind als 100 % gesetzt. Nach WHEELOCK und Mitarbeiter.

Kuh-Nr.	Versuchstage	Anz. d. Untersuchungen	Gehalt im Mittel der Untersuchungen	
			Na^+ (%)	Cl^- (%)
57	6	12	129,5	113
33	3	6	162	147,5
Y 62	8	16	271	198
Y 63	10	20	219,5	186,5
Y 63	2	4	201	166
Y 63	7	14	186,5	156
72	4	8	245	173,5
72	4	8	258,5	182

Die Tätigkeit von Bakterien in der Milch ändert ebenfalls die Salzzusammensetzung. Die Produktion von Säuren aus Zucker durch Bakterien bringt vermehrt Anionen in das System, wobei das Laktat-Ion das wichtigste ist. Es kommt durch die Säureproduktion zu einer pH-Wertabsenkung und zu einer Veränderung im Salzgleichgewicht.

Durch Oxytocininjektionen wird die Durchlässigkeit des Sekretionsgewebes für einwertige Ionen gesteigert (LINZEL und PEAKER 1971c). Auch schwere Erkrankungen können nach SCHULZ und Mitarbeiter (1978) für mastitistypische Milchveränderungen sorgen. Es werden summarisch Klauenerkrankungen, Puerperalstörungen, primäre Ketosen und Pneumonien als Ursachen genannt.

2.3

Zusammenhang von Mastitis, elektrischer Leitfähigkeit der Milch und der Zellzahl der Milch

Die elektrische Leitfähigkeit der Milch ist erhöht, wenn durch physiologische oder äußere Einflüsse die Permeabilität des milchbildenden oder milchabführenden und milchspeichernden Gewebes erhöht ist. Eine äußere Ursache dafür können in das Euter eingedrungene Mikroorganismen sein. Die Leitfähigkeit gibt dabei das "Ausmaß der Zerstörung des Sekretions- und Ganggewebes (-epithels), verursacht durch Bakterien und ihre Toxine, wieder (LINZEL und PEAKER 1975). Die Erhöhung der Zellzahl charakterisiert dagegen eine andere Auswirkung der eingedrungenen Bakterien, nämlich die Abwehrreaktion der Kuh auf die Infektion, ausgedrückt durch die Leukozytenmigration.

WITTKOWSKI (1979) nennt außer der Zerstörung oder Schädigung des Epithels als Ursachen für einen Permeabilitätsanstieg die unspezifische Reizung des Euters. Die möglichen Auslöser für einen Permeabilitätsanstieg (und somit auch der Leitfähigkeit), also die Schädigung des Epithels, der Leukozytenaustritt und eine unspezifische Reizung schließen sich nicht aus. Es scheint schwierig, die genauen Ursachen für den Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit in der Milch zu ermitteln. Bezieht man nun noch die nicht auf einer Infektion beruhenden Veränderungen der Ionengehalte mit ein, so kann man nicht erwarten, daß die Korrelation zwischen der Leitfähigkeit und der Zellzahl sehr eng ist (LINZELL und PEAKER 1975). Es wurde allerdings eine gute Übereinstimmung zwischen der Leitfähigkeit und der Anwesenheit von pathogenen oder fakultativ pathogenen Mikroorganismen gefunden (bis zu 98 % Übereinstimmung bei LINZELL und PEAKER 1974). Aus den vorausgenannten Erkenntnissen kommen LINZELL und PEAKER (1975) zu der Auffassung, daß mit Zellzahl- und Leitfähigkeitsbestimmung zwei indirekte Methoden der Mastitisiadiagnose verglichen werden, deren Wert besser einzeln oder zusammen im Vergleich mit den Ergebnissen einer bakteriologischen Untersuchung ermittelt werden sollte.

2.3.1 Bedeutung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch als Indikator für die Erkennung der Rindermastitis

2.3.1.1 Allgemeines

Durch die enormen Schäden, welche jedes Jahr durch Mastitiden und dabei besonders durch subklinische Mastitiden verursacht werden, stellt sich die Frage nach einer effizienten Diagnosemethode.

Eine frühzeitige Erkennung dieser Erkrankungen ist besonders wichtig, um die Milchverluste direkt durch die Mastitiden sowie durch Maßnahmen nach erfolgter Antibiotikatherapie, die Sanierungskosten und die entstehenden Kosten durch eine vorzeitige Merzung der Tiere, zu senken. Die elektrische Leitfähigkeitsmessung der Milch bietet durch den nicht subjektiv beeinflussten und sofortigen Meßdatenerhalt während des Melkvorgangs, durch keinerlei Materialtransport oder großen zusätzlichen Arbeits- bzw. Zeitaufwand während des Melkprozesses die besten Voraussetzungen für eine umfassende Euterkontrolle direkt im Stall. Es besteht die Möglichkeit einer Automatisierung von Leitfähigkeitsmessung, Meßwerterfassung und -verarbeitung. Bedingung für die Ausführung der Messung ist eine Temperaturkompensationsanlage bzw. eine rasche Verarbeitung (Messung) der Milchproben. Eine euterviertelweise Messung von Anfangsmilch oder Nachgemelk ist empfehlenswert, da verschiedene Gemelksfraktionen desselben Tieres unterschiedliche Meßwerte liefern können. Durch ständige Verlaufskontrollen (z.B. täglich) kann eine Euteraffektion bereits vor ihrer klinischen Manifestation erkannt werden.

Die Erforschung der Leitfähigkeit begann bereits 1891 und erstreckte sich bis in die 60er-Jahre dieses Jahrhunderts hauptsächlich auf ihre Anwendungsmöglichkeiten in bezug auf das Medium Milch. Bereits 1938 schreibt KRENN, daß die elektrische Leitfähigkeit der Milch zur Erkennung euterkranker Tiere verwendbar ist. DIERNHOFER (1950) hebt hervor, daß die Leitfähigkeit größte Bedeutung und Zukunft hätte, wäre sie bei viertelweiser Messung als Stallprobe ausführbar. In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurde die elektrische Leitfähigkeit der Milch vor allem unter dem Aspekt zur Eignung für Kontrollen von Wässerung, Säuerung und auch schon für die Mastitiskontrolle untersucht. Seit gut vierzig Jahren konzentrieren sich die Arbeiten auf die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der Leitfähigkeit der Milch und der Mastitisdiagnostik.

MALCOLM und Mitarbeiter (1942) und DAVIS (1947) fanden, daß sich die Aussagekraft der Leitfähigkeitsmessung erhöht, wenn statt des Mischgemelkes Viertelgemelke untersucht werden. Die Autoren weisen darauf hin, daß die Ursachen, welche neben der Mastitis für eine Erhöhung der Leitfähigkeit in Frage kommen, durch Viertelvergleiche als Störfaktoren ausgeschaltet werden können. GREATRIX und Mitarbeiter (1968), LINZELL und PEAKER (1971) kommen zu dem Schluß, daß das Kriterium der elektrischen Leitfähigkeit der Milch gut geeignet ist zur Erfassung der Euterkrankheiten beim Rind. Die Grundlagen der Leitfähigkeit und der Sekretion der Ionen der Milch wurden von LINZELL und PEAKER und deren Mitarbeitern beschrieben (1971 a, b, c ; 1971 d; 1972; 1973; 1974; 1975). Sie fanden unter anderem, daß Ionengehalt und Leitfähigkeit der Milch schwanken und systemischen Einflüssen unterliegen. Dabei sind jedoch alle Schwankungen, welche nicht alle Viertel gleichzeitig betreffen, auf gegenwärtige oder vergangene Sekretionsstörungen zurückzuführen (LINZELL und PEAKER 1972). Andere Ergebnisse liegen von LITTLE und Mitarbeitern (1968) vor, welche die Leitfähigkeitsmessung und ihre Eignung zur Mastitisiagnose mit dem Maß ihrer Korrelation zum Zellgehalt der Milch messen und die Leitfähigkeitsmessung wegen zu geringer Korrelation ablehnen.

Neben der Temperaturkompensationsproblematik, welche bei dem in dieser Arbeit verwendeten Gerät, durch den unmittelbaren Einsatz am Tier sowie die Verwendung von schlecht wärmeleitenden Kuststoffmaterialien gelöst wurde, stellt sich die Frage nach dem Bewertungsmaßstab zur Einstufung der Meßwerte als Mittel der Mastitisiagnose.

Die Grenzwertmethode, d.h. Fixierung eines absoluten Leitfähigkeitsgrenzwertes bei bestimmter Temperatur oder die Differenzmethode, d.h. die Bewertung nach den auftretenden Leitfähigkeitsunterschieden zwischen den einzelnen Eutervierteln stehen zur Wahl. Geht man davon aus, daß Milch gesunder Euterviertel annähernd gleiche Zusammensetzung und Eigenschaften aufweist, kommt dem Vergleich der Viertel untereinander größere Bedeutung zu. Die Festlegung eines absoluten Grenzwertes wird

durch biologische und genetische Faktoren erschwert (individuelle Schwankungen, Laktationsstadium, Erkrankungsgrad, Fütterung). Die Art der Probenahme (Anfangs-, Gesamt- oder Endgemelk) wirkt sich ebenfalls auf die Meßergebnisse aus. Durch den Einsatz einer funktions-tüchtigen Temperaturkompensationsanlage, nach dem Sammeln der Erfahrungen mit der Meßeinrichtung und der Kenntnis über Normwerte und Eutergesundheitszustand der Herde, ist die Grenzwertmethode nicht generell abzulehnen. Sie liefert dabei ähnlich gute Ergebnisse wie die Differenzmethode (HAMANN, 1986) mit dem Vorteil eines schnelleren Überblicks. Weiterführende Versuche über den Einbau von Leitfähigkeits-meßsystemen in die Melkanlagen wurden von ULBRICH 1975 und MASSIE und CHALTON 1972 und 1973 unternommen. In den letzten Jahren kamen handliche Meßgeräte für den Stalleinsatz auf den Markt (OKIGBO und Mitarbeiter, 1984).

In der folgenden Literaturlauswertung werden die Problemkreise der Probenahme, Probenauswertung und Einordnung der elektrischen Leit-fähigkeitsmesung im Vergleich zu anderen Mastitisdiagnosemethoden dargelegt.

2.3.1.2 Spezieller Literaturteil

Auf der Basis der Grunderkenntnisse zur elektrischen Leitfähigkeit der Milch untersuchten MALCOLM und Mitarbeiter (1942) die Übereinstim-mung der mikroskopisch ermittelten Zellzahl und der elektrischen Leit-fähigkeit der Milch mit den Befunden bakteriologischer und klinischer Untersuchungen.

Im ersten Teil ihrer Arbeit wurde die Übereinstimmung der Zellzählung mit dem Ergebnis der klinischen Untersuchung verglichen. Bei der ersten Serie von Mischproben war die Übereinstimmung 86 %, wenn eine Zellzahl von über 500 000/ml als "krank" eingestuft wurde.

In einem zweiten Teil der Untersuchung wurde zusätzlich die Leitfähigkeit gemessen. Von den Proben der gesunden Kühe hatten alle eine niedrige Leitfähigkeit, wenn die Grenze zwischen "krank" und "gesund" bei 4,90 mS/cm (20 Grad C) gelegt wurde, 95 % hatten eine niedrige Zellzahl (unter 500 000/ml).

Von den infizierten Kühen hatten 55 % hohe Leitfähigkeiten und 68 % hohe Zellzahlen. Würden beide Parameter in Erwägung gezogen, betrüge die Übereinstimmung mit Kulturtest und klinischer Untersuchung 84 %. Von den 42 infizierten Vierteln hatten eines niedrige Leitfähigkeit und drei niedrige Zellzahlen. Von den 56 nicht infizierten Vierteln infizierter Euter, hatten allerdings viele hohe Leitfähigkeit und hohe Zellzahl. Es wird darauf hingewiesen, daß im Kolostrum und in der fortgeschrittenen Laktation Zellzahl und Leitfähigkeit erhöht sind, daß jedoch diese erhöhten Werte in allen Vierteln ähnlich sind, sofern keine Infektion vorliegt.

Bereits früh wurde ein Vergleich der Leitfähigkeit der Viertel untereinander durchgeführt. JONES (1949) sieht die Differenzen der Leitfähigkeitswerte zwischen Vierteln eines Euters als geeigneten Maßstab für die Bewertung der Leitfähigkeitsdaten an. Die Differenz zwischen einem bestimmten Viertel und dem Viertel mit der niedrigsten Leitfähigkeit wurde als D.A.N.-Wert (degrees above normal) bezeichnet. Eine Leitfähigkeitsdifferenz von mehr als $0,4 \text{ mS.cm}^{-1}$ wurde als nicht normal angesehen. Da auch der niedrigste Leitfähigkeitswert eines Euters schon aus einem erkrankten Viertel stammen kann, wurde eine Obergrenze von $5,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ eingeführt, die als "niedrigstes Viertel" eingesetzt wurde, wenn das wirklich niedrigste Viertel diesen Wert überschritt.

GREATRIX und Mitarbeiter (1968) untersuchten die Daten von JONES (1949) noch einmal. Dabei wurde die Leitfähigkeitsdifferenz, wie sie von JONES verwendet wurde, durch Variation so bestimmt, daß die optimale Übereinstimmung mit der Zellzahl erreicht wurde. Ebenso wurde der Maximalwert für das niedrigste Viertel solange variiert, bis die Übereinstimmung am besten war. Ein analoges Vorgehen wurde für das Verhältnis der einzelnen Leitfähigkeiten einer Kuh untersucht. Wieder war das Viertel mit der niedrigsten Leitfähigkeit die Basis für die Beurteilung der anderen. Die Festlegung der Grenzwerte erfolgte wie oben durch Variation der Meßwerte.

Schließlich wurde für die Identifizierung kranker Kühe das am besten geeignete Verhältnis von höchster zu niedrigster Leitfähigkeit zwischen den Vierteln gesucht.

Für die Grenze von 500 000 Zellen/ml war die optimale Grenze der Leitfähigkeitsdifferenz $0,6 \text{ mS.cm}^{-1}$, der Maximalwert war $5,3 \text{ mS.cm}^{-1}$. Die Übereinstimmung war 95 % für Viertel mit niedriger Zellzahl und 41 % für Viertel mit hoher Zellzahl. Der günstigste Leitfähigkeitsquotient ergab sich zu 1,15, der Maximalwert für das niedrigste Viertel war $5,8 \text{ mS.cm}^{-1}$.

Die Übereinstimmung mit der Zellzahl war ähnlich wie oben 95 % und 42 %. Wenn nur kranke Euter und nicht kranke Viertel gefunden werden sollten, war ein Verhältnis von ebenfalls 1,15 das günstigste. Allerdings wurde hier nur das Viertel mit der höchsten und das mit der niedrigsten Leitfähigkeit einbezogen. Der Maximalwert war $6,0 \text{ mS.cm}^{-1}$. Die Übereinstimmung mit der Zellzählung war 92 % für "gesunde" Kühe und 58 % für Kühe, die in einem Viertel mehr als 500 000 Zellen/ml hatten.

Von den vorausgehenden Untersuchungen geleitet, verglichen LITTLE und Mitarbeiter (1968) die Meßmethoden und beurteilten die Eignung der Leitfähigkeitsmessung für die Mastitisdiagnose anhand der Übereinstimmung mit der elektronischen Zellzählung (Methode von CULLEN, 1967). Die Wiederholbarkeiten der Messungen, ausgedrückt als Variationskoeffizienten, waren 0,5 % für die Leitfähigkeit, 6,5 % für die Zellzahl und 0,9 % für die Zellzahl nach logarithmischer Transformation. Die Zahl der Wiederholungen war 20. Die Korrelation zwischen den Mitteln der elektrischen Leitfähigkeit und den arithmetischen Mitteln der Zellzahl war 0,40 ($p = 0,05$). Die Korrelation mit den geometrischen Mitteln war 0,5 ($p = 0,05$). Die Korrelation zwischen Leitfähigkeit und Zellzahl von Mischproben des Vorgemelks aus allen Vierteln von 501 Kühen war 0,4 ($p = 0,001$).

Anhand dieser Ergebnisse war es LITTLE und Mitarbeitern nicht möglich, eine akzeptable Grenze zu ziehen, die das Ausmaß der Erkrankung richtig beurteilt. Sie fanden beispielsweise für Zellzahlen von weniger als 100 000 Zellen/ml Leitfähigkeiten bis zu $7,6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ und andererseits für Zellzahlen von mehr als 200 000 Zellen/ml mehrfach Leitfähigkeiten von weniger als $5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Die Berücksichtigung des Infektionsstatus lehnen sie ab, da Strichkanalinfektionen das Bild komplizieren würden. Der Vergleich der vier Viertel würde voraussetzen, daß sie nie gleichzeitig infiziert sind

Insgesamt halten sie die Leitfähigkeitsmessung für wenig brauchbar für die Mastitisdiagnose. Die Tatsache, daß die Zellzählung und die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit auf verschiedenen Reaktionsmustern des Körpers auf Euteraffektionen beruhen, wurde nicht berücksichtigt.

Ähnlich wie LITTLE und Mitarbeiter (1968) äußerten sich bereits POSTLE und BLOBEL 1965. Sie verglichen verschiedene indirekte Verfahren zur Charakterisierung des Gesundheitszustandes von Milchviehherden anhand von Tankmilchproben. Sie fanden eine hohe Reproduzierbarkeit (Variationskoeffizient 0,5 %) und eine niedrige Korrelation der Leitfähigkeit mit der mikroskopischen Zellzählung. Den Wert der Leitfähigkeitsmessung zur Beurteilung der Tankmilch bezeichnen sie als fraglich.

Die wohl ausführlichsten Untersuchungen zur Leitfähigkeitsthematik wurden von LINZELL und PEAKER durchgeführt. Sie untersuchten 1972 die täglichen Schwankungen von Milchmenge, Laktosegehalt, Natrium-, Kalium- und Chloridgehalt und der elektrischen Leitfähigkeit in Vormelkspen von Ziegen und Kühen. Außerdem wurden bakteriologische Untersuchungen mit Blutagar durchgeführt.

Die Daten wurden zu einem Quotienten zusammengefaßt, der nicht-parallele zeitliche Schwankungen der Meßwerte zwischen den Euler-vierteln oder -hälften erfaßt. Dieser RMQ (relative milk quotient) wird folgendermaßen berechnet (Ziege):

$$\frac{\text{Meßwert Hälfte R, Melken 2} / \text{Meßwert Hälfte R, Melken 1}}{\text{Meßwert Hälfte L, Melken 2} / \text{Meßwert Hälfte L, Melken 1}} = \text{RMQ.}$$

Es wurde beobachtet, daß der RMQ an Tagen ohne Mastitisgeschehen immer nahe bei 1 war. Es werden 95 % Vertrauensintervalle für die Meßwerte für Kühe und Ziegen angegeben.

Bei der Ausdehnung dieses Rechenverfahrens auf die Meßwerte der Kühe gibt es 6 mögliche RMQ, die alle berechnet werden müssen, um etwa zwei gleichzeitig infizierte Viertel zu erfassen. Eine starke Abweichung der RMQ von 1 zeigt an, daß in einem Viertel eine einseitige Veränderung des Meßwertes stattgefunden hat.

Alle Meßwerte schwankten in gesunden Kühen, jedoch in allen Vierteln um denselben Wert, in gleicher Richtung und in relativ geringem Ausmaß. Im Falle von Erkrankungen und Weidebeginn wurden Milchveränderungen ähnlich denen bei Mastitis gefunden, die jedoch alle Viertel in gleichem Ausmaß betrafen. Der RMQ blieb bei 1. Die größten Veränderungen waren beim Natriumgehalt zu beobachten.

Wurde in einem Viertel der Beginn einer Infektion beobachtet, so reagierte der RMQ sehr schnell mit einer Abweichung von 1.

LINZELL und Mitarbeiter (1974) untersuchten elektrische Leitfähigkeit, Zellzahl und bakteriellen Status von 44 Kühen in zwei Betrieben. Die Versuchsdauer betrug 74 Tage in Herde "B" und 10 Tage in Herde "C". Der "wahre" gesundheitliche Status wurde in Herde "B" durch zweimalige kulturelle Untersuchungen im Abstand von 5 bis 16 Tagen bestimmt. In der Versuchstierherde "C" wurden alle zwei Tage bakteriologische Untersuchungen vorgenommen. Drei Kategorien des Infektionsstatus wurden gebildet:

1. keine Infektion: In keinem Viertel konnten Mikroorganismen nachgewiesen werden (19 Tiere).
2. mittlere Infektion: In mindestens einem Viertel wurde *Corynebacterium ssp.* und/oder nicht hämolysierende, coagulase-negative Staphylokokken gefunden (14 Tiere).
3. schwere Infektionen: Kühe, die in mindestens einem Viertel mit *Streptococcus agalactiae*, *Str. dysgalactiae*, *Str. uberis* oder hämolysierenden, coagulase-positiven Staphylokokken infiziert waren sowie Kühe mit veränderter Milch und mit klinischer Mastitis.

Die elektrische Leitfähigkeit wurde im Vorgemelk bei $27 \pm 0,4$ Grad C bei einer Meßfrequenz von 100 kHz im Durchfluß außerhalb der Melkanlage gemessen. Die Zellzahl wurde mit einem COULTER COUNTER an Proben bestimmt, die nach der Methode von PEARSON (1970) entfettet wurden.

Es wurde beobachtet, daß die Leitfähigkeiten der Viertel gesunder Tiere sich parallel änderten, auch wenn sie nicht gleich hoch waren. Die Meßwerte wurden in einer Varianzanalyse betrachtet. Das statistische Modell war:

$$LF = LF + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ij}$$

Die Leitfähigkeit eines Viertels ergibt sich aus der Summe eines Mittelwertes der Kuh (LF), berechnet als durchschnittliche Leitfähigkeit aller Viertel der letzten (Zahl kann unterschiedlich sein) Melkzeiten, einer durchschnittlichen Abweichung des i-ten Viertels von den anderen in den letzten Melkzeiten (a_i), einem Effekt der Melkzeit, berechnet als Abweichung der durchschnittlichen Leitfähigkeit aller Viertel vom Durchschnitt der letzten Melkzeiten (b_j), einer Interaktion zwischen Melkzeit und der durchschnittlichen Abweichung des Viertels (ab_{ij}) und der Reststreuung (e_{ij}).

Alle Leitfähigkeitsänderungen, die sich nicht aus der etablierten Abweichung und Tagesschwankungen, die alle Viertel betreffen, und der Reststreuung erklären lassen, sind Veränderungen, die nur ein Viertel betreffen, und werden als Effekt einer Infektion gedeutet. Die Mittelquadrate der Interaktion (Interaction mean squares) IMS wurden als Kriterium einer Infektion untersucht. Es wurden sieben Melkzeiten von sieben Tagen zur Berechnung der Varianzanalyse herangezogen. Der höchste IMS-Wert der nicht infizierten Tiere war 2,2, der niedrigste der infizierten Tiere war 1,81. Angesichts der Variationsbreite von 0,14 bis 135 der IMS-Werte wurde der Unsicherheitsbereich als klein angesehen.

Unter der Annahme, daß Tiere mit einem IMS-Wert von weniger als 1,81 nicht infiziert waren, die mit einem IMS-Wert von mehr als 2,22 infiziert waren, wurden bei 315 Tests über 7 Tage (1 IMS-Wert) an den 44 Kühen der Herden "B" und "C" 90 % Übereinstimmungen zwischen Infektionsstatus und der Beurteilung anhand des IMS-Wertes festgestellt. Mit Ausnahme einer Kuh hätten durch fortgesetzte Messungen über 4 - 10 Tage alle Kühe richtig eingeschätzt werden können. Alle falsch eingestuft Tiere gehörten der oben als mittelstark infiziert beschriebenen Gruppe an.

Die Methode der Klassifizierung anhand der IMS-Werte wurde nach neun Monaten an 27 Kühen der Herde "B" mit den vorher festgelegten Grenzwerten überprüft.

Es wurden von jedem Tier an 14 Tagen die Proben genommen, sodaß für jedes Tier acht IMS-Werte berechnet werden konnten. Von den neuen nicht infizierten Tieren wurden drei falsch als infiziert eingestuft. Alle drei waren allerdings schon in fortgeschrittenem Laktationsstadium (über 305 Tage), zwei hatten während der Laktation klinische Mastitis. Die fünf schwer infizierten Tiere wurden richtig eingestuft. Von den 13 mittelstark infizierten Kühen wurden neun richtig als infiziert erkannt.

Anschließend werden einfachere Methoden der Datenauswertung mit der Aussagekraft des IMS-Wertes verglichen (wiederholte Untersuchungen gleicher Kühe).

1. "Differential conductivity": Das Verhältnis von höchstem zu niedrigstem Meßwert eines Euters bei Messung jeden Viertels.
2. "Absolute conductivity": Der Leitfähigkeitswert des Viertels mit der höchsten Leitfähigkeit.
3. "Mixed conductivity": Mittel aus den vier Leitfähigkeitswerten, wie es etwa der Mischmilch entspricht.
4. "Out-of-balance conductivity": Simulation einer Wheatstone'schen Brücke mit den Viertelgemelken als Widerständen.

Die Grenzen zwischen "infiziert" und "nicht infiziert" wurden so gelegt, daß keine gesunden Tiere als "infiziert" eingestuft wurden. Dieses Verfahren minimiert nicht die Summe der Fehleinstufungen. Die Vergleiche wurden an Daten durchgeführt, die an den drei Tagen erhoben wurden, als der Infektionsstatus bekannt war. Insgesamt wurden vom IMS-Wert 88 % der infizierten Tiere richtig klassifiziert, von der "Differential conductivity" 65 %, von der "Absolute conductivity" 66 %, von der "Mixed conductivity" 51 % und von der "Out-of-balance - conductivity" 43 %. Die besseren Ergebnisse des IMS-Tests gegenüber den beiden ersten einfacheren Methoden beruhen vor allem auf einer besseren Erkennung der "mittleren Infektionen". Alle drei Methoden beurteilten über 90 % der schwer infizierten Kühe richtig.

Die Daten aus Herde "B" von beiden Versuchen wurden von LINZELL und PEAKER noch einmal untersucht, um zu überprüfen, inwieweit durch einmalige Leitfähigkeitsmessungen eine Aussage über den Gesundheitszustand von Kühen getroffen werden kann (Versuchsbedingungen siehe S. 22).

Es wurde ein Tag ausgewählt, der für alle Tiere zwischen zwei bakteriologischen Untersuchungen lag.

Von den 25 Kühen im Jahre 1972 war die Übereinstimmung mit den Ergebnissen der bakteriologischen Prüfung 64 % für die "Differential conductivity" und 68 % für die "Absolute conductivity" richtig eingestuft. Die Fehleinschätzungen betrafen vor allem die Tiere mit "mittlerer Infektion". Von beiden Methoden wurden im Jahre 1973 zwei nicht infizierte Tiere, die sich im späten Laktationsstadium befanden, fälschlich als infiziert eingestuft.

Zur weiteren Vertiefung der Meßergebnisse untersuchte PEAKER (1978) verschiedene Methoden der Auswertung von Leitfähigkeitsmessungen und Bestimmungen der Zellzahl. Beide Bestimmungen wurden auf ihre Übereinstimmung mit den Ergebnissen einer bakteriologischen Untersuchung geprüft.

Anhand der Identifizierung der gefundenen Mikroorganismen und klinischer Untersuchungen wurden die Kühe in drei Gruppen entsprechend der vermutlichen Schwere der Erkrankung eingeteilt (siehe S. 22).

Es wurden folgende Verfahren der Datenauswertung untersucht:

1. "Differential conductivity" (s.o.)
2. "Absolute conductivity" (s.o.)
3. "Out-of-balance conductivity three way": Die Simulation einer Wheatstone'schen Brücke, in der die vier Viertelgemelksproben die Widerstände bilden, ergab keine hohe Übereinstimmung mit den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchung. Da gesunde Kühe in allen Vierteln ähnliche Leitfähigkeiten haben, wird man für den Meßstrom in der Brückenschaltung in diesem Fall einen Wert nahe null erwarten.

Je weiter das Verhältnis

$$LF_1 \times LF_2$$

$$LF_3 \times LF_4$$

im Falle einer Infektion von 1 abweicht, desto höher wäre der zu erwartende Meßstrom (LF_1 = Leitfähigkeit des 1. Viertels usw.) Da sich die Effekte von Leitfähigkeiten, die auf verschiedenen Seiten des Bruchstriches stehen, kompensieren können, müssen alle drei möglichen Anordnungen berücksichtigt werden. Also zusätzlich die Quotienten

$$\frac{LF_1 \times LF_3}{LF_2 \times LF_4} \quad \text{und} \quad \frac{LF_1 \times LF_4}{LF_2 \times LF_3}$$

Quotienten von 2 und 0,5 sind äquivalent.

In der Arbeit von LINZELL und Mitarbeitern (1974) siehe S. 22 wurde nur ein Quotient berechnet; PEAKER gibt die Übereinstimmung mit den bakteriologischen Untersuchungen für den jeweils extremen Quotienten an, und nennt dies "Out-of-balance conductivity three way". Ferner wurden untersucht:

4. Absolute Zellzahl des höchsten Viertels.
5. Quotient der Zellzahlen aus dem Viertel mit der höchsten und dem mit der niedrigsten Zellzahl.

Die Grenzen der Einstufung zwischen "gesund" und "krank" sind dieselben, die LINZELL und Mitarbeiter (1974) festgelegt hatten. Es wurden auf ähnliche Weise Grenzen für die Zellzahl festgelegt. Tabelle 2 zeigt die Übereinstimmungen zwischen den fünf untersuchten Arten der Datenauswertung mit den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchung von 51 Tieren und die Obergrenzen für die Einstufung "gesund" aller fünf Methoden.

Tabelle 2

Übereinstimmung von Leitfähigkeitsmessung und Zellzahlbestimmungen, die nach verschiedenen Methoden ausgewertet wurden, mit den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchungen.

Übereinstimmung insgesamt; in Klammern Übereinstimmung der (wirklich) infizierten Tiere; Maximalwerte der (wirklich) nicht infizierten Kühe. Versuchsumfang 51 Kühe.

Methode	Übereinstimmung	Maximalwerte
"Differential conductivity"	75 %	(64 %) 1,159
"Absolute Conductivity"	73 %	(61 %) 53 mmol NaCl-Lsg.
"Out-of-balance cond. 3-way"	82 %	(75 %)
Absolute Zellzahl	78 %	(68 %) $1,02 \times 10^6$ /ml
Zellzahlquotient	82 %	(75 %) 1,48

In einem weiteren Versuch untersuchte PEAKER die Übereinstimmung der Einstufungen nach Zellzahl und Leitfähigkeit allein. Von 45 Kühen wurden 41 (91 %) gleich eingestuft. Als Vorteil der Leitfähigkeitsmessung gegenüber der Zellzählung sieht er die Schnelligkeit und Einfachheit der Durchführung und bei täglicher Probennahme die Entdeckung sehr früher Infektionsstadien.

WOLFE und Mitarbeiter (1972) untersuchten Leitfähigkeit, Zellzahl und bakteriellen Status von Proben aus den gesamten Viertelgemelken von 172 Kühen. Die Leitfähigkeit wurde bei 1 kHz und 37 Grad C $\pm$ 0,2 Grad C gemessen. Ein Viertel wurde als krank eingestuft, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt war:

- *Streptococcus agalactiae* wurde gefunden.
- Andere pathogene Mikroorganismen wurden gefunden, und die Differenz zwischen dem Viertel mit der höchsten und dem mit der niedrigsten Zellzahl war mehr als 400 000 Zellen/ml.
- Zellzahldifferenz war mehr als 800 000 Zellen/ml.

Es wurden insgesamt 93 % der Viertel richtig eingestuft. Von den Vierteln, die anhand der Zellzahl und der bakteriologischen Untersuchung als krank bezeichnet wurden, wurden 98,4 % richtig durch den Quotienten aus der Leitfähigkeit eines bestimmten Viertels und der des niedrigsten Viertels der Kuh eingestuft. Von den kranken Vierteln wurden 51,5 % richtig eingestuft.

Die Gesamtzahl der richtig eingestuften Viertel war immer 93 %, gleichgültig, ob die Grenze des Leitfähigkeitsquotienten für die Einstufung "gesund/krank" bei 1,07, 1,09 oder 1,11 festgesetzt wurde.

Die hohe Übereinstimmung der Leitfähigkeitsmessung mit der Referenzmethode resultiert möglicherweise aus einem geringen Anteil kranker Viertel überhaupt.

Zum Vergleich einer weiteren Mastitisdiagnosemethode untersuchten GEBRE-EGZIABHER und Mitarbeiter (1979) den Wert der Leitfähigkeitsmessung für die Mastitisdiagnose im Vergleich mit dem WISCONSIN MASTITIS TEST (WMT), einem modifiziertem Schalm-Mastitis-Test. Im ersten Teil der Untersuchung wurde die Leitfähigkeitsmessung nur mit dem WMT verglichen. Im zweiten Teil wurde aus dem Ergebnis des WMT und dem Ergebnis von bakteriologischen Untersuchungen eine Diagnose des Gesundheitszustandes von Eutervierteln getroffen, und daran der Wert der Leitfähigkeitsmessung bestimmt. Er wurden 1028 Viertelgemelksproben von 51 Kühen untersucht.

Im ersten Teil der Untersuchung wurde ein Viertel als krank angesehen, wenn der WMT-Wert über 10 mm lag. Anhand der Leitfähigkeit wurde ein Viertel als krank angesehen, wenn seine Leitfähigkeit mehr als 20 % über der geringsten Leitfähigkeit des Euters lag.

Bei einmaliger Bestimmung von Leitfähigkeit und WMT ergaben sich Übereinstimmung von 93,2 % für die WMT-positiven Viertel und von 57,3 % für die WMT-negativen Viertel.

Insgesamt wurden 87 % aller Viertel gleich eingestuft. Die Zahl der WMT-positiven Viertel war 178 (von 1028).

Bei der Diagnose von Mastitis anhand von WMT und bakteriologischen Tests im zweiten Teil der Untersuchung wurde ein Fall von Mastitis angenommen, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt war:

- Pathogene Mikroorganismen wurden in mehr als 50 % der (wiederholten) Proben eines Viertels gefunden
- Nichtpathogene Mikroorganismen wurden dauernd gefunden, WMT-Werte 10 - 20 mm
- WMT-Werte dauernd über 20 mm

Als gesund wurden Viertel bezeichnet, wenn keine Mikroorganismen gefunden wurden und die WMT-Werte dauernd unter 10 mm waren. Welche Mikroorganismen als pathogen angesehen wurden, wird nicht berichtet. Von den 27 Mastitisfällen wurden 20 durch den Leitfähigkeitsquotienten von 1,2 richtig erkannt (74 %).

Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Untersuchungen über den Wert der Leitfähigkeitsmessung für die Mastitisdiagnose bis 1980.

Erläuterungen zu den Tabelle 3, 4 und 5

In den Tabellen 3 und 4 werden die Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt, in denen die Grenzen für die Einstufungen "gesund" oder "krank" so gewählt wurden, daß optimale Übereinstimmung mit der Referenzmethode erreicht wurde. Die dabei gefundenen Übereinstimmungen und Grenzwerte gelten nur für den betreffenden Versuch. Sie sagen nichts darüber aus, in welchem Ausmaß an anderem Untersuchungsmaterial (oder am selben zu einem anderen Zeitpunkt) mit diesen Grenzen eine richtige Einstufung durch Leitfähigkeitswerte erfolgen kann.

Die Grenzen und Übereinstimmungen mit den Referenzmethoden sind bei allen Autoren ähnlich.

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen, die sich auf das Erkennen von kranken Kühen richteten.

Tabelle 4 bezieht sich auf Untersuchungen zur Erkennung von infizierten Eutervierteln.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Überprüfung der einmal festgelegten Grenzen.

Abkürzungen

- Methode: Methode der Auswertung der Leitfähigkeitsdaten
- mix: "Mixed conductivity", die Leitfähigkeit der Mischmilch aus allen Vierteln ist Kriterium der Einstufung.
- max: Der höchste Leitfähigkeitswert innerhalb des Euters ist Kriterium der Einstufung.
- max-min: Die höchste Leitfähigkeitsdifferenz innerhalb des Euters ist Kriterium der Einstufung.
- max/min: Der höchste Leitfähigkeitsquotient innerhalb eines Euters ist Kriterium der Einstufung.
- IMS: Der IMS-Wert (LINZELL und Mitarbeiter 1974) ist Kriterium der Einstufung.
- oob-1: "Out-of-balance one way". Simulation der Wheatston'schen Brücke. Ein Quotient ist Kriterium der Einstufung.
- oob-2: Entsprechend, zwei Quotienten.
- oob-3: Entsprechend, drei Quotienten.
- x-min: Die Differenz des Leitfähigkeitswertes eines Viertels zum niedrigsten Leitfähigkeitswert innerhalb des Euters ist Kriterium der Einstufung des Viertels.
- x:min: Der Quotient aus dem Leitfähigkeitswert eines Viertels und dem niedrigsten Leitfähigkeitswert innerhalb des Euters ist Kriterium der Einstufung des Viertels.
- x: Der absolute Leitfähigkeitswert wird zur Einstufung mit-herangezogen.
- Referenz: Die Methode anhand derer der "wahre" Gesundheitszustand der Kuh oder des Viertels festgestellt wurde.
- klin: Klinische Untersuchung
- bakt: Bakteriologische Untersuchung
- ZZ: Zellzahlbestimmung
- WMT: Wisconsin Mastitis Test
- ZZ-Diff: Differenz der Zellzahl eines bestimmten Viertels mit der niedrigsten Zellzahl innerhalb des Viertels.
- Grenze: Oberhalb dieses Wertes wurden Euterviertel anhand der Leitfähigkeitsmessung als "krank" eingestuft.

Tabelle 3

Autor	Methode	Referenz	Übereinstimmungen (%)			Grenze f. Ge- Diagnose der Referenzmeth.
			gesund	krank	alle	
MALCOLM u. Mitarb. (1942)	mix	klin bakt	100	55	-	4,9 mS/cm
LINZELL u. Mitarb. (1974)	mix	klin bakt	100	51	73	55,3 mmol NaCl-
JONES (1949)	max-min	ZZ	90	49	76	0,4 mS/cm
JONES (1949)	max	ZZ	86	49	74	5,5 mS/cm
LINZELL u. Mitarb. (1974)	max	klin bakt	100	66	80	53 mmol NaCl-
GREATRIX u. Mitarb. (1968)	max/min, max	klin bakt	92	58	72	1,15, 6,0 mS/cm
LINZELL u. Mitarb. (1974)	max/min	klin bakt	100	65	80	1,159
LINZELL u. Mitarb. (1974)	IMS	klin bakt	100	88	90	1,81
LINZELL u. Mitarb. (1974)	oob-1	klin bakt	100	43	66	1,186

Tabelle 4

Autor	Methode	Referenz	Übereinstimmungen (%)			Grenze für Ge- Diagnose der Referenzmeth.
			gesund	krank	alle	
GREATRIX u. Mitarb. (1968)	x-min, x	ZZ	95	41	76	0,6 mS/cm, 5,
GREATRIX u. Mitarb. (1968)	x/min, x	ZZ	95	42	76	1,15, 5,8 mS
GEBRE-EGZIABHER u.M. (1979)	x/min	UMT	93	57	-	1,2
GEBRE-EGZIABHER u.M. (1979)	x/min	UMT, bakt	-	74	-	1,2
VOLFE u. Mitarb. (1972)	x/min	ZZ-Diff bakt	98	51	93	1,07 - 1,11

Tabelle 5

Autor	Methode	Referenz	Übereinstimmungen (%)			Grenze für Ge- Diagnose der Referenzmeth.
			gesund	krank	alle	
LINZELL u. PEAKER (1975)	max/min	klin bakt	100	58	64	1,159
LINZELL u. PEAKER (1975)	max/min	klin bakt	78	50	59	1,159
PEAKER (1978)	max/min	klin bakt	100	64	75	1,159
LINZELL u. PEAKER (1975)	max	klin bakt	100	62	68	53 mmol NaCl-L
LINZELL u. PEAKER (1975)	max	klin bakt	78	42	54	53 mmol NaCl-L
PEAKER (1978)	max	klin bakt	100	61	75	53 mmol NaCl-L
PEAKER (1978)	oob-1	klin bakt	100	61	65	1,186
PEAKER (1978)	oob-2	klin bakt	100	67	76	1,186
PEAKER (1978)	oob-3	klin bakt	100	75	82	1,186

Es werden nun Untersuchungen aus der neueren Zeit aufgezeigt und die Hinführung der Leitfähigkeitsmessung zu praxisreifen Mastitisiadiagnosegeräten dargelegt.

Von FERNANDO und Mitarbeitern (1983) wurde der Einfluß der Gemelkfraction auf die elektrische Leitfähigkeit untersucht. Die Untersuchungen bezogen sich auf 75 Kühe, von welchen zweimal wöchentlich 8 Wochen lang vom Nachmittagsgemelk (ca. 10 Stunden nach dem letzten Melken) 20 ml des Anfangsgemelkes, 20 ml Nachgemelk und 20 ml Kannenmilch entnommen wurden. Es ergab sich, daß im Nachgemelk eine genauere Bestimmung des Gesundheitszustandes des Euterviertels möglich war als über Vorgemelk oder Mischmilch. Es zeigte sich eine Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit gegen Ende des Melkvorganges, was durch einen verminderten intramammären Druck und die Oxytocinwirkung während des Melkvorganges erklärt wurde. Eine Verbesserung der Vorgemelkswerte kann durch eine Probenentnahme vor der Milchejektion erfolgen, was besonders für tragbare Leitfähigkeitsmessgeräte angebracht erscheint.

Tabelle 6

	Vor-	Nachgemelk	Kannenmilch
Leitfähigkeit mmho/cm als Grenzwert	5,50	5,80	5,26
Zahl nichtinfizierter Viertel	290	287	54
Zahl infizierter Viertel	74	71	27
Falsch+ (%)	19,6	11,1	22,2
Falsch- (%)	40,5	22,5	29,6

WOOLFORD und WILLIAMSON (1982) untersuchten die elektrische Leitfähigkeit als diagnostisches Hilfsmittel zur Ermittlung subklinischer Mastitiden. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit in der Milch von 533 Kühen in 6 Herden ergab, daß Infektionen mit den verschiedensten Mastitisserregern mit hoher Sicherheit diagnostiziert werden konnten (82 bis 86 % Sicherheit).

96 % bis 97 % der nicht infizierten Viertel wurden korrekt identifiziert. Ein Euterviertel wurde hinsichtlich der Leitfähigkeit als "positiv" erachtet, wenn die Leitfähigkeit der Milch sich innerhalb der gleichen Kuh um mindestens 15 % von dem Viertel mit den niedrigsten Werten unterschied und/oder die Leitfähigkeit über 7 mS lag. Für die genaue Diagnose von Mastitiden sollen Anfangsgemelkproben verwendet werden, wobei ein Abkühlen der Proben verhindert werden muß.

SUZUKI T. und Mitarbeiter (1983) behandelten in ihren Untersuchungen die Variation der elektrischen Leitfähigkeit und des Gehaltes an somatischen Zellen der Milch als Hinweis für das Vorliegen subklinischer Mastitiden. In wöchentlich entnommenen Viertelgemelkproben wurden bei 87 Kühen von April bis Oktober 1982 die elektrische Leitfähigkeit und die Zahl der somatischen Zellen bestimmt. Beide Kriterien erhöhen sich mit zunehmender Laktationszahl, wobei Maximalwerte in der 3. Laktation erreicht wurden; Gleiches gilt für die Zeitdauer der Laktation mit einem Maximum nach 180 bis 210 Tagen. Im Frühling, insbesondere im April, lagen höhere Werte vor als im Sommer. Die Logarithmen der Zellzahlen waren positiv mit der Leitfähigkeit der Milch des gleichen Euterviertels korreliert (0,56 bis 0,66). Geringere Korrelationen bestanden zur Leitfähigkeit und den Logarithmen der Zellzahlen der Milch der anderen Euterviertel bzw. zur durchschnittlichen absoluten Leitfähigkeit der Milch aller anderen Euterviertel. Negative Korrelationen wurden zur Milchleistung festgestellt. Da die Leitfähigkeit eines Euterviertels von mehr als 6 mS mit Reduktion der Milchmengenleistung verbunden war, wird angenommen, daß eine hohe Leitfähigkeit ein besonders guter Indikator für das Vorliegen subklinischer Mastitiden ist. In diesen Untersuchungen erwies sich die Leitfähigkeit zur Mastitisiagnostik besser geeignet als die Bestimmung der Zahl der somatischen Zellen.

GREGA T. und SZAREK J. (1985) stellten die Beziehung zwischen Zellgehalt, Leitfähigkeit und pH-Wert der Milch heraus. In der Milch von 53 Kühen der schwarzbunten Niederungsrasse (212 Proben) wurde die Zellzahl, die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert ermittelt. In Milch befriedigender hygienischer Beschaffenheit (bis 500 000 Zellen/ml) bestand keine Korrelation zwischen pH-Wert und Leitfähigkeit einerseits und dem Zellgehalt andererseits. Bei Verschlechterung der hygienischen Qualität (Zellgehalt von 501 bis 2000×10^3 /ml) wurden dagegen statistisch signifikante Beziehungen zwischen dem Zellgehalt und der Leitfähigkeit (Korrelationskoeffizient $r = 0,48$ bis $0,62$) festgestellt. Es wurde daraus geschlossen, daß die Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit, wenn der Zellgehalt 500 000/ml überschreitet, in der Diagnostik subklinischer Mastitiden angewandt werden kann.

BATRA und MC. ALLISTER (1984) führten einen Vergleich von Mastitis-Nachweisverfahren bei Milchkühen durch. Als "Suchtests" zum Nachweis subklinischer Mastitiden wurden elektrische Leitfähigkeit, Zellzählung und California-Mastitis-Test (CMT) in Mischmilchproben vergleichend geprüft. Der Einfluß genetischer Gruppen war bei der Leitfähigkeit und Zellzählung signifikant, während die Einflüsse der Trächtigkeit und des Laktationsstadiums sich bei allen 3 Testverfahren als signifikant erwiesen. Zellgehalt und CMT-Grad nahmen von der ersten bis zur vierten Trächtigkeit zu, während bei der Leitfähigkeit ein allgemeiner Trend zur Erhöhung von der zweiten bis zur vierten Trächtigkeit vorlag. Alle drei Verfahren identifizierten euter-gesunde Kühe mit guter Genauigkeit. Ein hoher Anteil infizierter Kühe konnte jedoch nicht erkannt werden. Die Fehlerrate war bei CMT mit 9,1 % am niedrigsten, gefolgt von der Zellzählung mit 13,9 % und der Leitfähigkeitsbestimmung mit 29,4 %. Mischmilch-Anfangsgemelke von mit primären Mastitiserregern infizierten Kühen wiesen eine höhere Leitfähigkeit auf als entsprechende Proben nichtinfizierter Kühe.

BJORKENFELDT und Mitarbeiter (1984) untersuchten die elektrische Leitfähigkeit zur Mastitisiagnostik. In einer Pilotstudie mit 15 Kühen und subklinischen Mastitiden und weiteren 14 Kühen mit Krankheiten, welche nicht die Milchdrüse betrafen, wurde die elektrische Leitfähigkeit bei 25 Grad C zum Zeitpunkt des maximalen Milchflusses und im Nachgemelk während der Hochlaktation bestimmt. Die Leitfähigkeit wurde in normalen Vierteln mit 4 bis 7 mS/cm ermittelt, wobei die maximale Differenz zwischen den Eutervierteln weniger als 1 mS/cm bei Normalvierteln betrug. Bei Mastitisvierteln lagen 5 bis 10 mS/cm mit einer Differenz vor, die konstant größer als 1 mS/cm zwischen den Mastitisvierteln und den Eutervierteln mit der niedrigsten Leitfähigkeit war. Anfangsgemelke ergaben weniger zuverlässige Resultate, und die Meßergebnisse während der Trockenstellzeit waren nicht verwertbar. Brunst, Puerperium, Wechsel der Futterration und akute Erkrankungen (mit Ausnahme von Mastitiden) beeinflussen die Leitfähigkeit der Milch nicht.

HAMANN J. (1986) führte vergleichende Untersuchungen von Zellgehalt und Leitfähigkeit in Viertelanfangsgemelksproben durch. Zytobakteriologische Befunde und die elektrische Leitfähigkeit wurden an einem Gesamtmaterial von $n = 533$ Viertelanfangsgemelksproben vergleichend untersucht. Die Parameter Zellzahl und Leitfähigkeit zeigten signifikante Differenzen in Abhängigkeit von bakteriologisch positiven bzw. negativen Befunden der Milchproben. In Abhängigkeit von der Definition des Leitfähigkeitsgrenzwertes und der Kategorisierung der Zellzahlklasse ergab sich im Mittel ein Gesamtfehler von unter 20 % für die Anwendung der Leitfähigkeitsmessung. Der Anteil der falsch-negativen Befunde an der Gesamtzahl der negativen Befunde ist in den günstigsten Fällen mit ca. 12 % zu beziffern. Interessanterweise lag der Gesamtfehler auch bei Anwendung eines absoluten Grenzwertes für die Leitfähigkeitsmessung unter 20 %. Dabei wurden 13,4 % der Negativbefunde falsch klassifiziert.

GEBRE-EGZIABIER und Mitarbeiter (1979) untersuchten einen automatischen Mastitisdetektor. Diese Methode basiert auf der viertelweisen Leitfähigkeitsmessung während des gesamten Melkprozesses, um dann eine Leitfähigkeitsrate aufzustellen. Die niedrigste Leitfähigkeitsrate eines der 4 Viertel ist dabei die Basis zur Einordnung des Eutergesundheitszustandes der restlichen Viertel. Dies setzt voraus, daß zumindest ein Viertel normale Werte aufweist. Die Leitfähigkeitsmessung wurde mit Untersuchungen von Zellzahl und kultureller Untersuchung von 1028 Viertelgemelksproben verglichen. Bei eutergesunden Kühen waren die Leitfähigkeitswerte ähnlich. Waren ein oder mehrere Viertel infiziert, so zeigt sich eine Abweichung durch einen Anstieg der Leitfähigkeit in diesen Vierteln. Die Leitfähigkeitsrate identifizierte 69 % der Mastitisfälle korrekt.

FERNANDO und Mitarbeiter (1981, 1985) untersuchten die elektrische Leitfähigkeit an 368 Eutervierteln von 92 Kühen im Vorgemelk und im Nachgemelk. Der Infektionsstatus der einzelnen Viertel wurde durch eine bakteriologische Untersuchung festgelegt und in Infektionen durch primär euterpathogene Keime und sekundär euterpathogene Keime eingeteilt. Ferner wurde eine Zellzählung vorgenommen. Die Leitfähigkeit nahm mit der Schwere der Infektion zu. Die Leitfähigkeit im Nachgemelk war höher als jene im Vorgemelk von Proben aus Eutervierteln, welche mit primär euterpathogenen Keimen infiziert waren. Mit absoluten Leitfähigkeitsgrenzwerten wurden 81,7 % der infizierten Viertel aus dem Vorgemelk richtig diagnostiziert und 96,9 % aus dem Nachgemelk. Die Messung aus dem Nachgemelk war also ein genauerer Anzeiger auf Mastitiden als die Messung im Vorgemelk. Allgemein wird auf die hohe Verlässlichkeit der Leitfähigkeit zur Mastitisdiagnose verwiesen.

OKIGBO und Mitarbeiter (1984) benutzten ein tragbares Leitfähigkeitsmeßgerät zur Mastitidiagnostik im Stallbetrieb (MAS-D-TEC, Modell MD-17, WESCOR Inc., Logan, Utah). Das Instrument kann auf die Milch von Holstein Kühen oder Jersey Kühen durch Modifikation der Fließzellenlänge eingestellt werden. Jede Vierteluntersuchung wird unmittelbar nach dem Einmelken der Probe in das Meßgerät auf Knopfdruck an einer von 0 bis 9 reichenden Leuchtdiodenanzeige deutlich gemacht. Es wurden von 626 Vierteln Milchproben untersucht (jeweils zwei Jersey und zwei Holstein-Herden) auf Zellgehalt, Fettgehalt, Protein- und Laktosegehalt, pH-Wert und bakteriologische Besiedelung. Zellgehalt, Proteingehalt und pH-Wert waren positiv mit der Leitfähigkeit korreliert, der Laktosegehalt negativ. Für Holstein-Kühe wurde die Grenze zu Mastitis-milch (abnormaler Bereich) bei der Geräteanzeige 5 gewählt. Für die weniger leitfähige Jersey-Milch wurde die Geräteanzeige 4 gewählt. Die vorgenannten Grenzwerte entsprechen ca. 7,136 mS bei Holstein-Milch bzw. 5,689 mS bei Jersey-Milch. Es wurde über gute Ergebnisse im Praxiseinsatz berichtet.

2.3.1.3 Zusammenfassung

Nach einer langen Phase grundlegender Untersuchungen zur elektrischen Leitfähigkeit der Milch und deren Veränderungen durch physiologische und pathologische Einflüsse setzten in den letzten Jahren verstärkt Bemühungen ein, die elektrische Leitfähigkeit der Milch als zuverlässiges und objektiv meßbares Kriterium in die Diagnostik subklinischer Mastitiden des Rindes einzuführen.

Mit der Entwicklung neuartiger elektronischer Geräte in handlicher, leicht transportabler Form wurde die Messung erstmals unabhängig von komplizierten Laborbedingungen. Probleme der mechanischen Beanspruchung, einwirkender Feuchtigkeit, Temperaturänderungen, Konstanz der Eichung, Probengröße und wechselseitige Beeinflussung von Proben unterschiedlicher Leitfähigkeit sind nach den Mitteilungen im Schrifttum weitgehend gelöst.

Im Mittelpunkt des Interesses stehen nun Fragen nach der Zuverlässigkeit der Messungen im praktischen Einsatz direkt an der Kuh, der Interpretation der Meßergebnisse und der Abwägung von Vor- und Nachteilen gegenüber herkömmlichen diagnostischen Verfahren. Kontrovers beurteilt wird auch noch die Frage der Auswertungsmethode (Grenzwert- oder Differenzmethode).

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Thematik

Es bestand die Aufgabe, das elektrische Milchleitfähigkeitsmeßgerät MAS-D-TEC MD18 der Firma Wescor Inc., Logan, Utah, USA unter Stall- bzw. Praxisbedingungen einzusetzen. Es sollte die Verlässlichkeit, Handhabung und Genauigkeit des Gerätes zur Mastitisdiagnostik mittels Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit im Vergleich zu Zellzahlbestimmung, Schalm-Mastitis-Test und kultureller Untersuchung geprüft werden.

3.2 Tiermaterial

Die Untersuchungen wurden im Rahmen jährlicher Bestandskontrollen des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V., Abteilung Eutergesundheitsdienst, im oberbayerischen Raum durchgeführt. Aus 16 Rinderherden (14 DFV, 1 Braunvieh, 1 Jersey), mit 521 laktierenden Rindern wurden 2044 Viertelgemelksproben entnommen. Die Proben wurden auf elektrische Leitfähigkeit, auf Zellzahl, Ergebnis des Schalm-Mastitis-Tests und auf bakterielle Besiedelung hin untersucht.

3.3 Methodik

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit sowie die Entnahme der Milchproben und die Durchführung des Schalm-Mastitis-Tests wurden zu unterschiedlichen Tageszeiten, meist jedoch nach dem Morgenmelken durchgeführt. Es wurde kein besonderes Augenmerk auf die Gemelksfraktionen in Bezug auf die Beeinflussung der Leitfähigkeit gelegt. Der Reihe nach wurden folgende Manipulationen an jedem Einzeltier durchgeführt:

- Ausführung des Schalm-Mastitis-Tests nach festgelegtem Schema und Festhalten der Befunde.
- Möglichst aseptische Milchprobenentnahme nach Reinigung der Zitzen und Desinfektion der Zitzenspitze mit einem Alkoholtupfer (70 % Äthylalkohol) in sterile, mit Borsäure versetzte Probengläser (ca. 10 ml Milch pro Viertel) für die kulturelle Untersuchung und die Durchführung der Zellzahlbestimmung.
- Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch mit dem MAS-D-TEC Gerät und Aufzeichnen der Befunde.

3.3.1 Leitfähigkeitsbestimmung mit dem Meßgerät MAS-D-TEC MD 18

Das zylinderförmige Handmeßgerät hat eine Höhe von 18 cm, einen Durchmesser von 5,5 cm, an der Einmelköffnung 7 cm. Durch die geringe Größe des Gerätes wird der Einsatz direkt am Tier sehr erleichtert. Das Meßgerät besitzt eine trichterförmige Öffnung am oberen Ende des Meßzylinders, in welche die zu messende Milchprobe direkt aus der Zitze eingemolken wird. Es müssen mindestens 2 ml Milch möglichst in einem Strahl in die Trichteröffnung eingemolken werden. Unmittelbar nach dem Einmelken wird durch Drücken des Meßknopfes an der Vorderseite des Gerätes der Meßvorgang ausgelöst. Das Gerät muß während des Meßvorganges möglichst senkrecht gehalten werden. Verunreinigungen oder Luftblasen dürfen nicht in die Meßvorrichtung eingemolken werden. Um Blasenbildung zu vermeiden, sollte die Milchprobe nicht direkt in die Meßgeräteöffnung, sondern an den schrägen Trichterrand gemolken werden. Sofort nach dem Drücken des Meßknopfes erscheint an der von 0 bis 9 unterteilten Meßskala durch das Aufleuchten einer Leuchtdiode an der Meßskala das Meßergebnis, welches so lange ablesbar bleibt, solange der Meßknopf gedrückt wird. Der gesamte Vorgang von der Probennahme bis zum Aufleuchten des Ergebnisses dauert ca. 5 Sekunden.

Das Gerät ist so entwickelt, daß durch die nächste Probennahme die vorhergehende Gemelksprobe durch die Auslaßöffnung am Boden des Gerätes ausläuft. Eine Reinigung des Meßgerätes zwischen den Viertelproben oder den einzelnen Kühen ist nicht erforderlich. Nach abgeschlossener Meßtätigkeit in einem Bestand ist das Gerät mit klarem Wasser durchzuspülen.

Die Meßzelle wird durch eine 9 Volt-Batterie gespeist, mit welcher weit über 1000 Messungen möglich sind und wobei eine Warnleuchte bei nachlassender Batteriespannung zum Batteriewechsel auffordert. Das Gerät ist mit einem schlagfesten, wasserdichten Kunststoffgehäuse, welches leicht zu reinigen ist, versehen.

3.3.2 Ausführung des Schalm-Mastitis-Tests (California-Mastitis-Test)

(O.W. Schalm, 1960)

Der Schalm-Test (SMT) wurde an jedem Tier im Verlauf der Bestandsuntersuchung von einem Techniker des Eutergesundheitsdienstes durchgeführt. In die vier Schalen einer weißen oder schwarzen Prüfplatte werden aus jedem Viertel ca. 2 ml Milch gemolken und unter langsamem, horizontal kreisendem Bewegen der Platte mit je 2 ml Testflüssigkeit (Alkylarylsulfat) vermischt. Je nach Leukozytengehalt der Milch tritt Schlierenbildung (+) bzw. (1) oder eine schleimige, (++) bzw. (2) [deutlich positive Reaktion (800 000 - 5 000 000 Zellen/ml)] bis gallertartige Masse (+++) bzw. (3) [stark positive (über 5 000 000 Zellen/ml)] oder keine Reaktion (-) bzw. (0) [negativ (0 - 200 000 Zellen/ml)] auf. Eine schwach positive Reaktion + bzw. 1 entspricht einem Gehalt von etwa 400 000 - 1 500 000 Zellen/ml Sekret. Eine zweifelhafte Reaktion ($\frac{+}{-}$) mit leichter Schlierenbildung deutet auf 150 000 - 550 000 Zellen/ml hin. Der Test beruht auf dem Vermögen oberflächenaktiver Stoffe, Leukozyten und deren Kerne aufzulösen, wobei aus letztgenannten Desoxiribonucleinsäure frei wird. Diese bildet dann mit dem Reagenz einen gelförmigen Komplex.

Der Testflüssigkeit ist Bromkresolpurpur als Indikator zugesetzt. Auf diese Weise werden bei Mastitis auftretende alkalische Verschiebungen des Milch-pH-Wertes gleichzeitig miterfaßt. Bei erhöhtem pH-Wert bleibt die unter physiologischen Bedingungen eintretende Entfärbung des violetten Gemisches aus. Die Techniker des TGD berücksichtigten bei ihren Untersuchungen die $\frac{+}{-}$ (zweifelhafte) Reaktion nicht, wodurch das SMT-Ergebnis um eine Differenzierungsstufe ungenauer wird, was bei der folgenden Beurteilung zu berücksichtigen ist.

3.3.3 Mikrobiologische Untersuchungen

Die Durchführung der bakteriologischen Milchuntersuchung wurde durch Angehörige des Milchlabors des Eutergesundheitsdienstes Grub e.V. durchgeführt. Das Ausstreichen der Proben erfolgte entweder noch am Tag der Probennahme oder nach gekühlter Lagerung am folgenden Vormittag. Nach Durchmischung wurde von jeder Milchprobe eine 3 mm Öse Milch auf Tryptose Blutagar (Fa. DIFCO) ausgestrichen. Der Rinder- oder Schafblutzusatz ist besonders zur Differenzierung der Hämolyseformen unerlässlich. Nach einer Bebrütungsdauer von 48 Stunden bei 37 °C wurde die Auswertung vorgenommen.

3.3.4 Bestimmung der Zellzahl

Die Zellzahlbestimmung wurde im Milchlabor des Eutergesundheitsdienstes e.V. in Grub durchgeführt. Als Zellszählgerät wurde das FOSSOMATIC 90-Gerät der Firma FOSS Electric, Denmark, verwendet. Das Prinzip der Zählmethode besteht darin, daß die einzelnen somatischen Zellen in einem kontinuierlich laufenden Objektträgersystem aufgetragen, angefärbt und fluoreszenzmikroskopisch registriert werden. Zur Zählung eignen sich mit Kaliumdichromat oder mit Borsäure versetzte oder unbehandelte Proben. Die letzteren müssen mindestens 24 Stunden nach dem Melken bei 6 °C gelagert werden. Zur Zählung wurden am Tag nach der Probennahme jeweils 0,2 ml Milch in das Fossomatic-Gerät manuell einpipettiert und dort automatisch mit Puffer sowie Farblösung (Ethidiumbromid) gemischt. Ein Teil dieser Mischung wird nun als 0,5 mm breiter und 10 nm dicker Film auf eine rotierende Scheibe aufgetragen, die als Objektträger für das Fluoreszenzmikroskop dient. Das blaue Licht einer Xenonlampe wird als Exzitationslicht auf der angefärbten Zellkern-DNS der somatischen Zellen rot fluoresziert. Die Erfassung dieses resultierenden Fluoreszenzlichtes wird über ein optisches System und einen Photomultiplier vorgenommen. Die von hier ausgehenden elektrischen Impulse werden durch ein Zählwerk in digital ablesbare Werte (Zellzahl x 1000/ml) umgewandelt, bzw. direkt auf Papierstreifen ausgedruckt. Die Genauigkeit der Werte wurde durch Doppelmessungen und/oder Messung einer Standardlösung sichergestellt.

3.3.5 Methoden der Datenauswertung

Nach Abschluß der Untersuchungen und mit dem Vorliegen aller Meßdaten waren diese in Relation zueinander zu setzen und statistisch auszuwerten.

Die statistische Auflistung und Auswertung wurde am Computer des Instituts für Tierzucht der LMU, unter großzügiger Mithilfe und Beratung von Prof. Dr. Dr. K. Osterkorn, vorgenommen.

Die zur Verfügung stehenden 8176 Daten wurden zur Auswertung in den Rechner eingegeben. Es waren dies die Werte für die elektrische Leitfähigkeit des WESCOR-Gerätes von 0 bis 9, die somatische Zellzahl $\times 1000$, das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung als positiv = 1 oder negativ = 0 und das Ergebnis des Schalm-Mastitis-Tests als 0, 1, 2 oder 3.

Eine Datenübersicht der jeweiligen Untersuchungsmethode wurde erstellt und Vergleiche bzw. Korrelationen zwischen den verschiedenen Untersuchungsmethoden ermittelt. In einem weiteren Teil der Auswertung wurde die Übereinstimmung bzw. die Abweichung zwischen den einzelnen Meßmethoden ermittelt. Es wurde eine Überprüfung der Leitfähigkeitswerte auf ihre Brauchbarkeit zur Mastitisdiagnostik vorgenommen. Hierbei wurde auf verschiedene Stadien der Eutergesundheit geachtet.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Elektrische Leitfähigkeit

Tabelle 8

Häufigkeit, mit der die Meßwerte von 0 bis 9 des MAS-D-TEC-Gerätes auftraten (LF-Stufen = Leitfähigkeitsstufen):

LF-Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zahl d. Proben	282	437	399	264	205	139	90	59	56	113
% - Satz	13,8	21,4	19,5	12,9	10,0	6,8	4,4	2,9	2,7	5,5

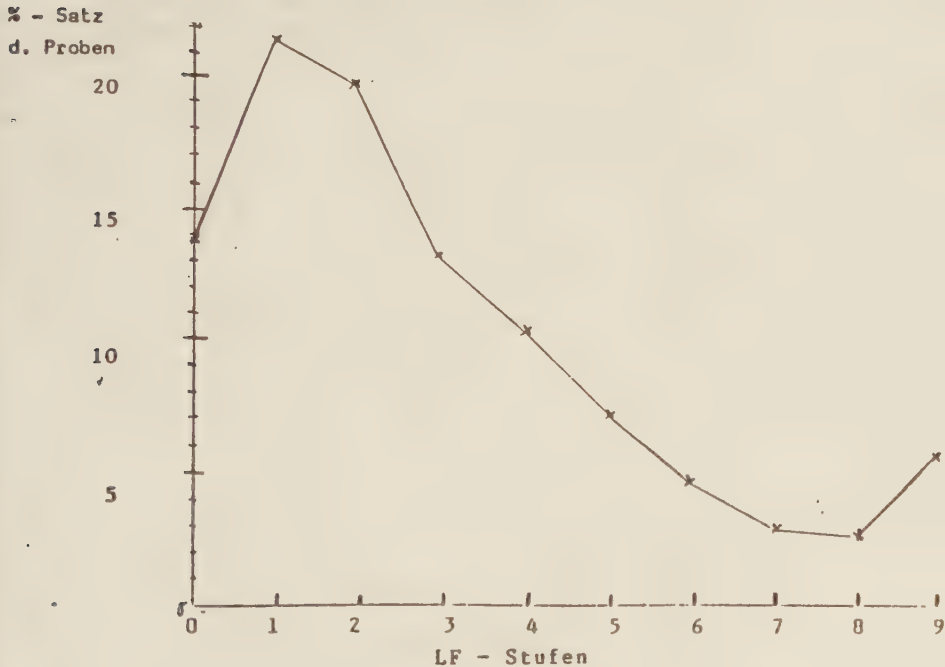


Abb. 5

Häufigkeitsverteilung der LF-Stufen im Gesamtmaterial

4.2

Schalm-Mastitis-Test

Tabelle 9

Die Häufigkeit, mit der die einzelnen Stufen 0 bis 3 des Schalm-Mastitis-Tests registriert wurden:

Schalm-Stufe	0	1	2	3
Zahl der Proben	1387	437	80	135
%-Satz	68,0	21,4	3,9	6,6

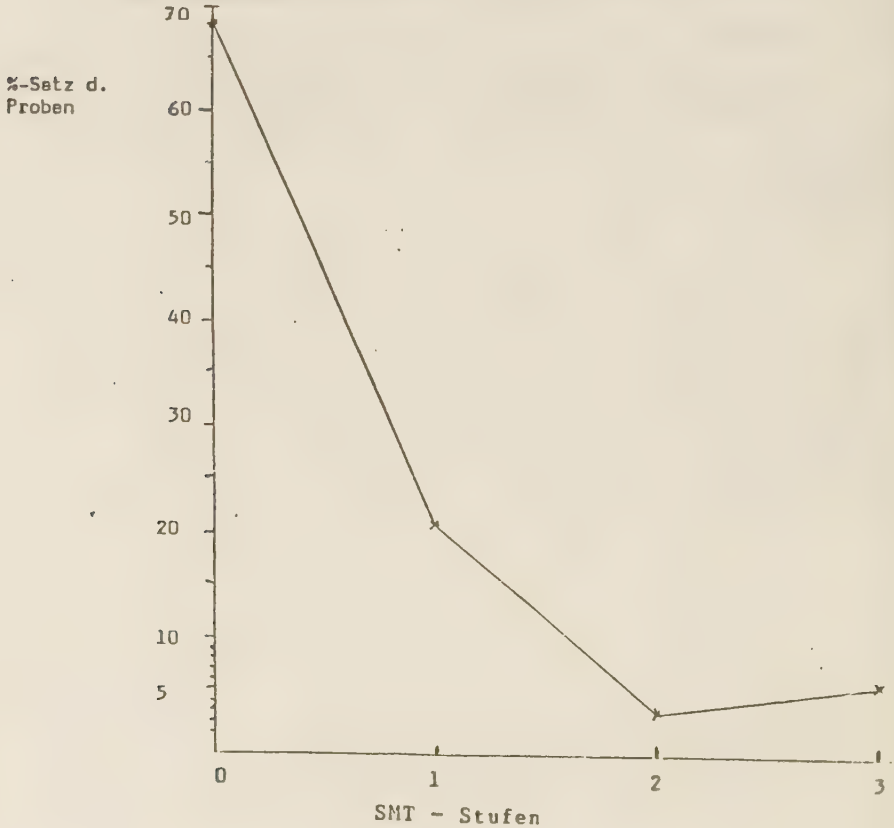


Abb. 6
Häufigkeitsverteilung der Schalm-Mastitis-Test-Stufen im Gesamtmaterial

4.3

Zellzahl

Tabelle 10

Häufigkeit der Zellzahlklassen

a) 0	-	199 999
b) 200 000	-	299 999
c) 300 000	-	399 999
d) 400 000	-	499 999
e)	≥	500 000

Zellzahlklasse	a	b	c	d	e
Zahl d. Proben	898	177	124	113	732
% - Satz	43,9	8,7	6,1	5,5	35,8

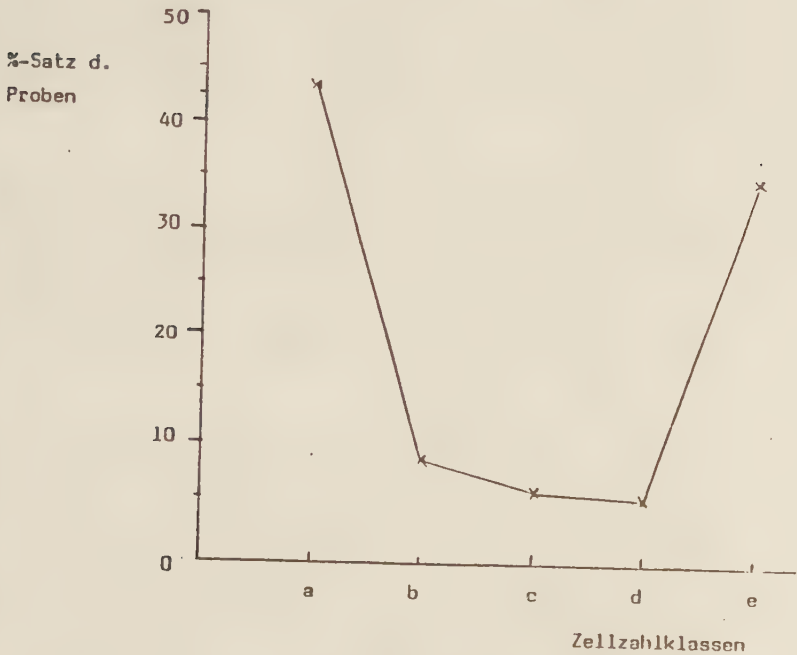


Abb. 7

Häufigkeitsverteilung der Zellzahlklassen im Gesamtmaterial

4.4 Mikrobiologische Untersuchung

Tabelle 11

Die Häufigkeit, mit der die bakteriologische Untersuchung auf euter-pathogene Keime negativ = 0 oder positiv = 1 ausfiel:

BU - Ergebnis	0	1
Zahl d. Proben	832	1208
% - Satz	40,7	59,3

4.5 Auswertung der Schalm-Mastitis-Test-Ergebnisse

Tabelle 12

SMT	Zahl d. Proben	Z.Z. Mittelwert	95 % Vertrauensbereich
0	1 387	343 865	289 506 - 398 223
1	437	1 174 595	1 045 535 - 1 303 654
2	80	2 831 825	2 355 426 - 3 308 224
3	135	8 830 888	7 346 959 - 10 314 818
	2 039	1 181 439	

Z.Z.: Zellzahl/ml

Bei der Auswertung der SMT (Schalm-Mastitis-Test)-Ergebnisse wurde Wert gelegt auf die Auswahl vergleichbarer Parameter. Es wurde für jede Schalmstufe ein Zellzahlmittelwert aller in dieser Stufe einkategorisierter Proben ermittelt. Ferner wurde der Bereich errechnet, in dem sich 95 % der Proben der jeweiligen Stufe befanden (95 % Vertrauensbereich). (Abb. 8)

Die Zellzahlmittelwertkurve drückt den Anstieg der Zellzahl von einer SMT-Stufe zur anderen deutlich aus. Es wird jedoch offensichtlich, daß der SMT besonders in dem, für die Mastitisiagnostik wichtigen Bereich von ca. 200 000 Zellen/ml bis ca. 1 000 000 Zellen/ml keine oder nur eine Differenzierungsmöglichkeit aufweist. Dies zeigt der Übergang von SMT-Stufe 0 auf SMT-Stufe 1 in der Zellzahl von 343 865 Zellen/ml auf 1 117 495 Zellen/ml. Zum Vergleich erhält man mit dem MAS-D-TEC-Gerät für den Bereich von Zellzahl 0/ml bis 1 Mio/ml fünf Abstufungen. Besonders nachteilig wirkt sich dabei der Wegfall der $+$ Schalm-Stufe auf die Differenzierung der Ergebnisse aus, da diese Stufe besonders den Bereich von 150 000 - 550 000 Zellen abdecken würde.

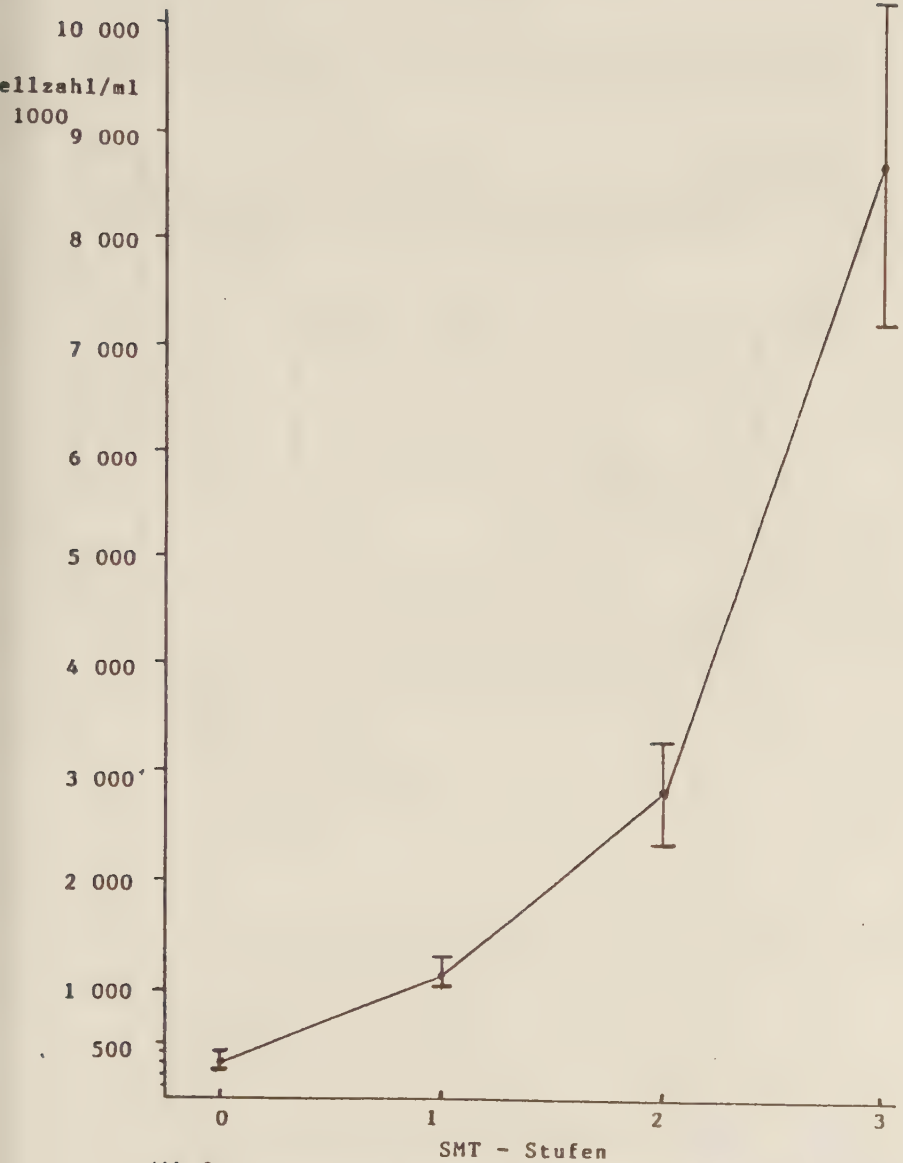


Abb. 8

Zellzahlmittelwertkurve und 95 % Vertrauensbereich für den Mittelwert in den SMT-Reaktionsstufen

Betrachtung der Leitfähigkeitsmeßwerte im Zusammenhang mit den SMT-Ergebnissen:

Tabelle 13

Genaue Aufgliederung der Leitfähigkeitsmeßwerte (als LF-Stufen von 0 bis 9) und deren Verteilung auf die vier Gruppen des SMT.

LF-Stufen	SMI-Gruppe	0	1	2	3	
0	Zahl d. Pr.	243	32	3	1	279
	% d. Proben	87,1	11,5	1,1	0,4	13,7
1	Zahl d. Pr.	365	66	3	3	437
	% d. Proben	83,5	15,1	0,7	0,7	21,4
2	Zahl d. Pr.	320	66	7	5	398
	% d. Proben	80,4	16,6	1,8	1,3	19,5
3	Zahl d. Pr.	196	58	5	5	264
	% d. Proben	74,2	22,0	1,9	1,9	12,9
4	Zahl d. Pr.	125	53	13	13	204
	% d. Proben	61,3	26,0	6,4	6,4	10,0
5	Zahl d. Pr.	62	39	8	10	139
	% d. Proben	44,6	42,4	5,8	7,2	6,8
6	Zahl d. Pr.	31	35	10	14	90
	% d. Proben	34,4	38,9	11,1	15,6	4,4
7	Zahl d. Pr.	16	25	9	9	59
	% d. Proben	27,1	42,4	15,3	15,3	2,9
8	Zahl d. Pr.	18	16	10	12	56
	% d. Proben	32,1	28,6	17,9	21,4	2,7
9	Zahl d. Pr.	11	27	12	63	113
	% d. Proben	9,7	23,9	10,6	55,8	5,5

Gesamt: 1387 437 80 135 2039
= 100%

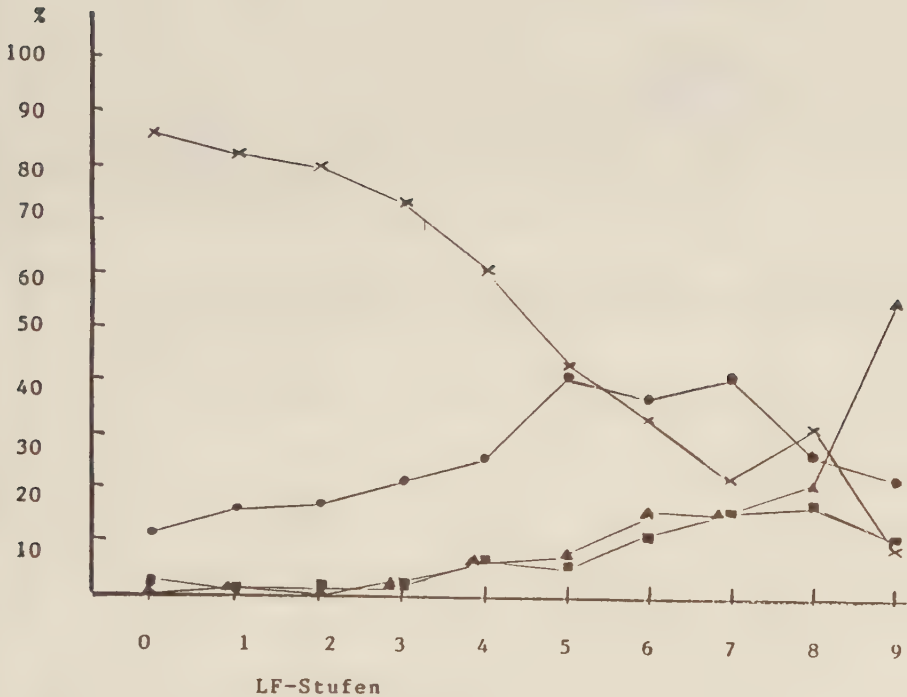


Abb. 9

% - Anteil der LF-Stufen an den vier SMT-Reaktionsstufen

✕: SMT-Gruppe 0 = (1387 Proben)

●: SMT-Gruppe 1 = (437 Proben)

■: SMT-Gruppe 2 = (80 Proben)

▲: SMT-Gruppe 3 = (135 Proben)

Der Vergleich von Schalm-Mastitis-Test (SMT) und der Leitfähigkeitsmessung mit dem MAS-D-TEC-Gerät zeigt eine allgemein gute Übereinstimmung in der Mastitisiagnostik. So liegen je über 80 % der LF-Stufen 0, 1 und 2 in der SMT-Gruppe 0. Die LF-Stufen 5, 6 und 7 bilden den Höchstanteil der SMT-Gruppe 1. In der SMT-Gruppe 2 liegen vor allem die LF-Stufen 6, 7, 8 und 9. Der Hauptanteil der LF-Stufe 9 liegt eindeutig in der SMT-Gruppe 3.

Tabelle 14

Genaue Aufgliederung der Schalm-Testgruppen und deren Verteilung auf die LF-Stufen:

Schalm- LF-Gruppe	Stufe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	% d. Pr.	17,5	26,3	23,1	14,1	9,0	4,5	2,2	1,2	1,3	0,8
1		7,3	15,1	15,1	13,3	12,1	13,5	8,0	5,7	3,7	6,2
2		3,8	3,8	8,8	6,3	16,3	10,0	12,5	11,3	12,5	8,9
3		0,7	2,2	3,7	3,7	9,6	7,4	10,4	6,7	15,0	46,7

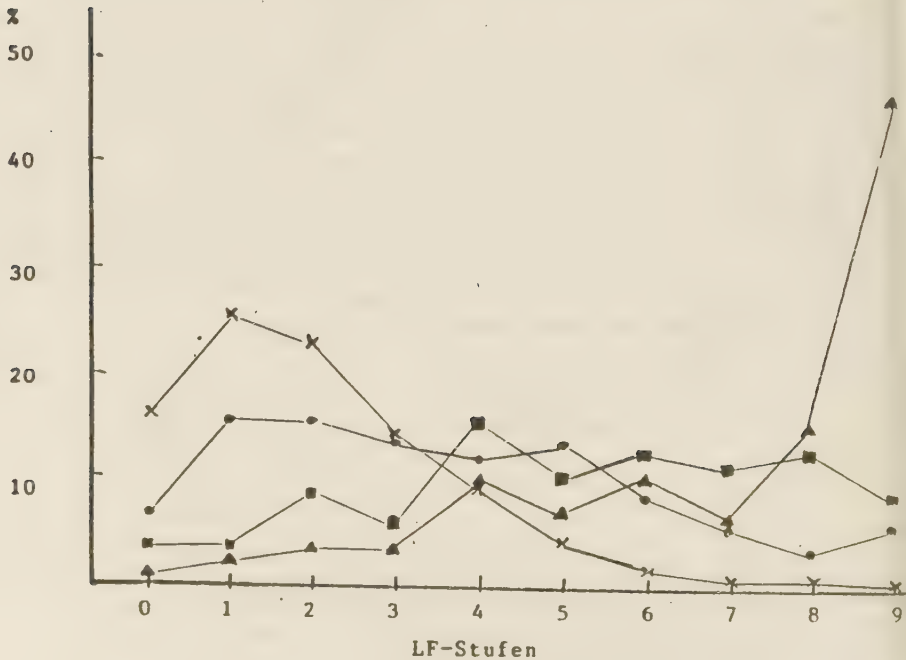


Abb. 10

% - Anteil der SMT-Gruppen an den LF-Stufen von 0 bis 9

- × : SMT-Gruppe 0
- : SMT-Gruppe 1
- : SMT-Gruppe 2
- ▲ : SMT-Gruppe 3

Der %-Anteil der SMT-Gruppen an den Leitfähigkeitsstufen des MAS-D-TEC-Gerätes bestätigt die Aussage der vorhergehenden Grafik. Es zeigt sich, daß 81 % der SMT-Werte der Gruppe 0 in den LF-Stufen 0, 1, 2 und 3 zu finden sind. Die SMT-Gruppe 1 bildet den Hauptanteil der LF-Stufen 1 bis 5, die SMT-Gruppe 2 kommt am häufigsten in den LF-Stufen 4 bis 8 vor und die SMT-Gruppe 3 liegt mit 61,7 % in den LF-Stufen 8 und 9.

4.6 Vergleich und Zusammenhang der elektrischen Leitfähigkeitsstufen von 0 bis 9 mit der Zellzahl

Tabelle 15

MAS-D-TEC-Leitfähigkeitsstufen und zugehörige Zellzahlmittelwerte:

LF-Stufe	Zahl der Proben	Z.Z. Mittelwert	95 % Vertrauensbereich
0	282	263 904	196 389 - 331 419
1	437	278 133	222 573 - 333 691
2	399	396 804	330 801 - 462 807
3	264	616 481	466 885 - 766 076
4	205	1 287 980	935 015 - 1 640 945
5	139	1 427 647	1 129 830 - 1 725 464
6	90	2 242 122	1 362 827 - 3 121 416
7	59	2 406 000	1 647 043 - 3 164 956
8	56	3 348 911	2 158 103 - 4 539 718
9	113	7 977 239	6 253 321 - 9 701 156
	2 044	1 180 153	

Zur Konkretisierung der MAS-D-TEC-Stufen wurde hier das Kriterium der Zellzahl/ml, bei einer bestimmten Leitfähigkeitsstufe herangezogen. Es wurde für jede Stufe von 0 bis 9 der jeweilige Zellzahlmittelwert erstellt und der 95 % Vertrauensbereich für den Mittelwert ermittelt.

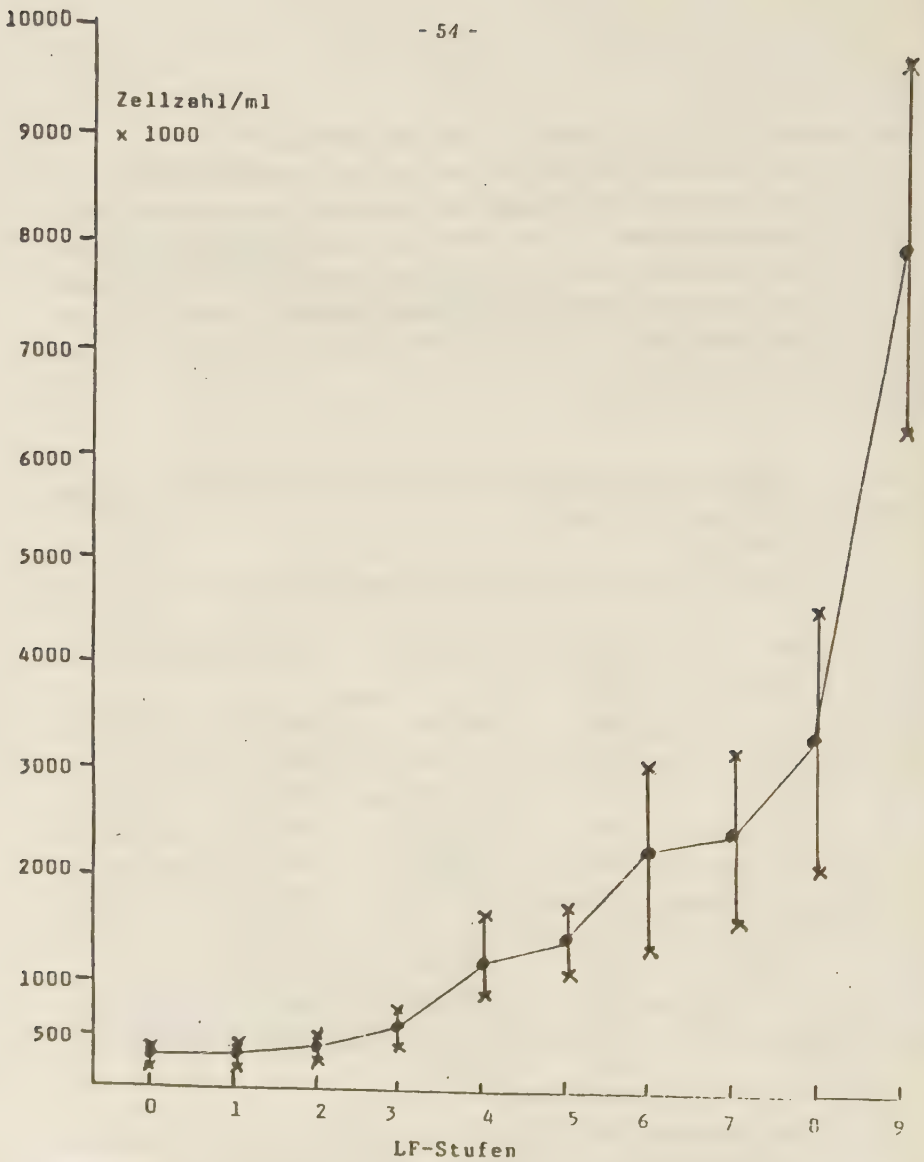


Abb. 11

Zellzahlmittelwerte und 95 % Vertrauensbereich für die jeweiligen LF-Stufen

● : Zellzahlmittelwert

× : 95 % Vertrauensbereich

Die Zellzahlmittelwerte steigen mit zunehmender WESCOR-Leitfähigkeitsstufe ständig an. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Stufen 2, 3 und 4 zu legen, da sich in diesem Bereich der Übergang von normaler Milch zu Mastitismilch abspielen wird.

Tabelle 16

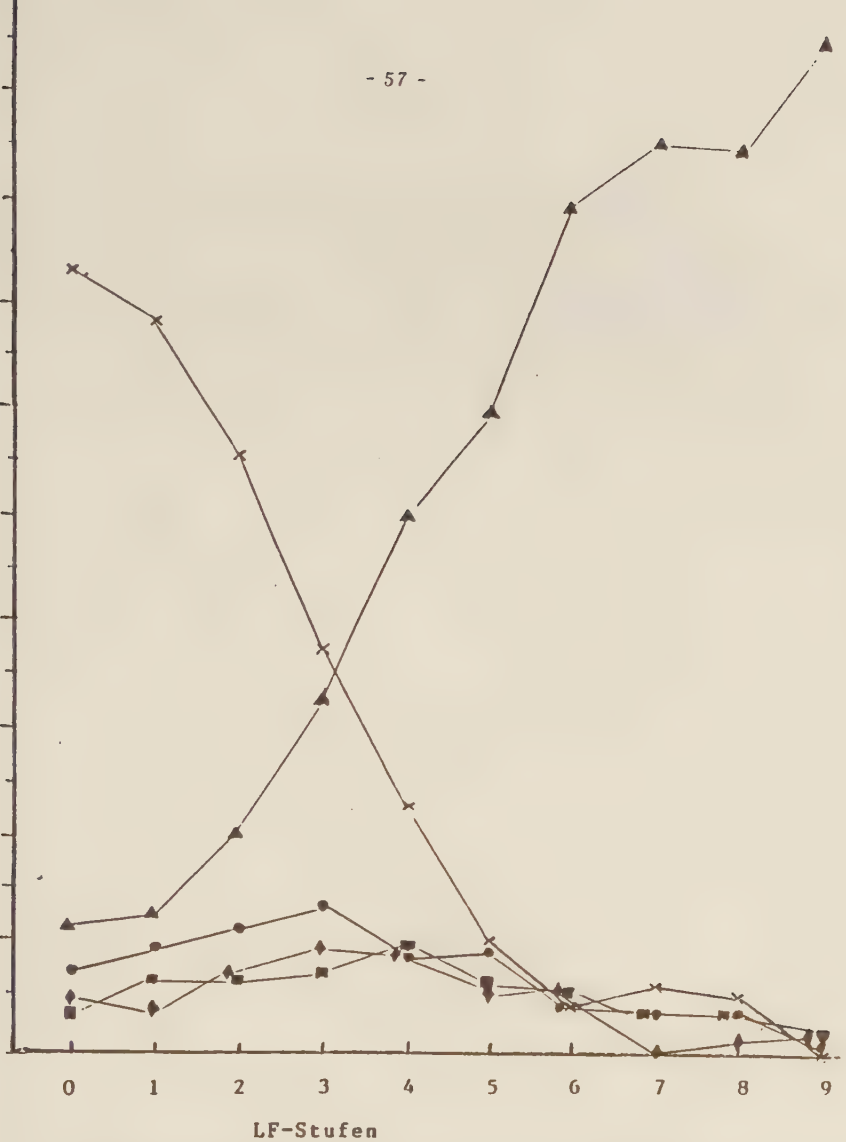
Analyse des Übergangsbereiches von normaler zu Mastitismilch am Beispiel von Zellzahlklassen

Zellzahlklassen	a:	0	-	199 999
	b:	200 000	-	299 999
	c:	300 000	-	399 999
	d:	400 000	-	499 999
	e:	500 000	-	8

Z.Z.klassen		a	b	c	d	e	Total
LF-Stufen 0	Zahl d. Pr.	207	21	10	12	32	282
	% d. Proben	73,4	7,4	3,5	4,3	11,3	13,8%
1	Zahl d. Pr.	298	40	28	15	55	437
	% d. Proben	63,2	9,2	6,4	3,7	12,6	21,4%
2	Zahl d. Pr.	221	44	26	27	81	399
	% d. Proben	55,4	11,0	6,5	6,8	20,3	19,5%
3	Zahl d. Pr.	99	35	19	25	86	264
	% d. Proben	37,5	13,3	7,2	9,5	32,6	12,9%
4	Zahl d. Pr.	48	16	20	17	104	205
	% d. Proben	23,4	7,8	9,8	8,3	50,7	10%
5	Zahl d. Pr.	14	12	10	8	95	139
	% d. Proben	10,1	8,6	7,2	5,8	60,3	6,8%
6	Zahl d. Pr.	4	4	5	5	72	90
	% d. Proben	4,4	4,4	5,6	5,6	80,0	4,4%
7	Zahl d. Pr.	4	2	2	0	51	59
	% d. Proben	6,8	3,4	3,4	0	86,4	2,9%
8	Zahl d. Pr.	3	2	2	1	48	56
	% d. Proben	5,4	3,6	3,6	1,8	85,7	2,1%
9	Zahl d. Pr.	0	1	2	2	108	113
	% d. Proben	0	0,9	1,8	1,8	95,6	5,5%

2044 = 100%

Um eine genauere Auswertung der I.F-Stufen im Hinblick auf eine gezielte Mastitisdiagnose vornehmen zu können, wurde der für die Diagnose von Mastitiden besonders wichtige Bereich von 0 - 500 000 somatischer Zellen/ml in verschiedene Zellzahlklassen aufgeteilt.



Ab. 12

Prozentualer Anteil der Leitfähigkeitsstufen an den fünf verschiedenen Zellzahlklassen:

- × : a = 0 - 199 999 (898 Proben = 43,9 %)
- : b = 200 000 - 299 999 (177 Proben = 9,7 %)
- : c = 300 000 - 399 999 (124 Proben = 6,1 %)
- ◆ : d = 400 000 - 499 999 (113 Proben = 5,5 %)
- ▲ : e = 500 000 - ∞ (732 Proben = 35,8 %)

Die Auswertung zeigt, daß ca. 70 % der LF-Stufen 0 bis 1 in der Zellzahlklasse - 200 000/ml zu finden sind. Die unteren bis mittleren LF-Stufen 3, 4, 5 sind in allen Zellzahlbereichen vertreten. LF-Stufe 5, besonders jedoch 6, 7, 8 und 9 sind mit 80 % bis zu über 95 % in der Zellzahlklasse $\geq$ 500 000 zu finden.

Tabelle 17

Prozentualer Anteil der Zellzahlklassen an den LF-Stufen

LF-Stufe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
a	23,1	33,2	24,6	11,0	5,3	1,6	0,4	0,4	0,3	0	898=43,9%
b	11,9	22,6	24,9	19,8	9,0	6,8	2,3	1,1	1,1	0,6	177= 8,7%
c	8,1	22,6	21,0	15,3	16,1	8,1	4,0	1,6	1,6	1,6	124= 6,1%
d	10,6	14,2	23,9	22,1	15,0	7,1	4,4	0	0,9	1,8	732=35,8%
e	4,4	7,5	11,1	11,7	14,2	13,0	9,8	7,0	6,6	14,8	732=35,8%

x

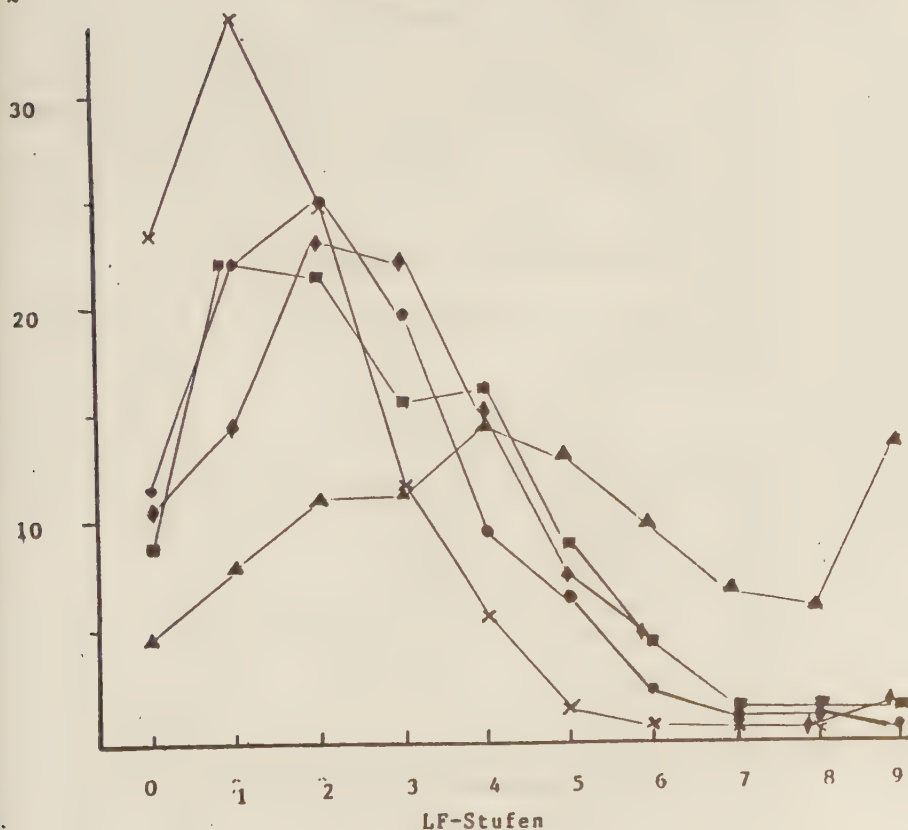


Abb. 13

Prozentualer Anteil der Zellzahlklassen an den LF-Stufen:

- $\times$: a = 0 - 199 999
 $\bullet$: b = 200 000 - 299 999
 $\blacksquare$: c = 299 999 - 300 000
 $\blacklozenge$: d = 399 999 - 400 000
 $\blacktriangle$: e = 500 000 - ∞

Die Aufschlüsselung der Leitfähigkeitsstufen nach den für die Mastitisdiagnose relevanten Zellzahlklassen zeigt deutlich eine Zuordnung der Zellzahlklasse a ($< 200\,000$ /ml) zu LF-Stufen 0, 1 und 2 (ca. 70 % von Klasse a). Die Zellzahlklassen zwischen 200 000 und 500 000/ml zeigen ihren Schwerpunkt in den Leitfähigkeitsstufen 1, 2, 3 und 4, also genau dort, wo der Übergang von normaler zur Mastitismilch abläuft. Der Anstieg der Klasse e ($> 500\,000$ ml) im Bereich von LF-Stufe 3, 4 und 5 verdeutlicht das Vorkommen bereits relativ hoher Zellzahlwerte in diesem Übergangsbereich zur Mastitis. Das deutliche Übergewicht der Klasse liegt aber in den hohen LF-Stufen 6, 7, 8 und 9.

4.7

Auswertung der bakteriologischen Untersuchungsergebnisse

Tabelle 18

Zusammenhang von bakteriologischen Befunden und den elektrischen Leitfähigkeitsstufen:

LF-Stufe	BU-positiv	BU-positiv %
0	123	43,6
1	253	57,9
2	218	54,6
3	165	62,5
4	130	63,7
5	88	63,3
6	54	60,0
7	41	69,5
8	41	73,2
9	95	84,1
Gesamt:	1208	59,1

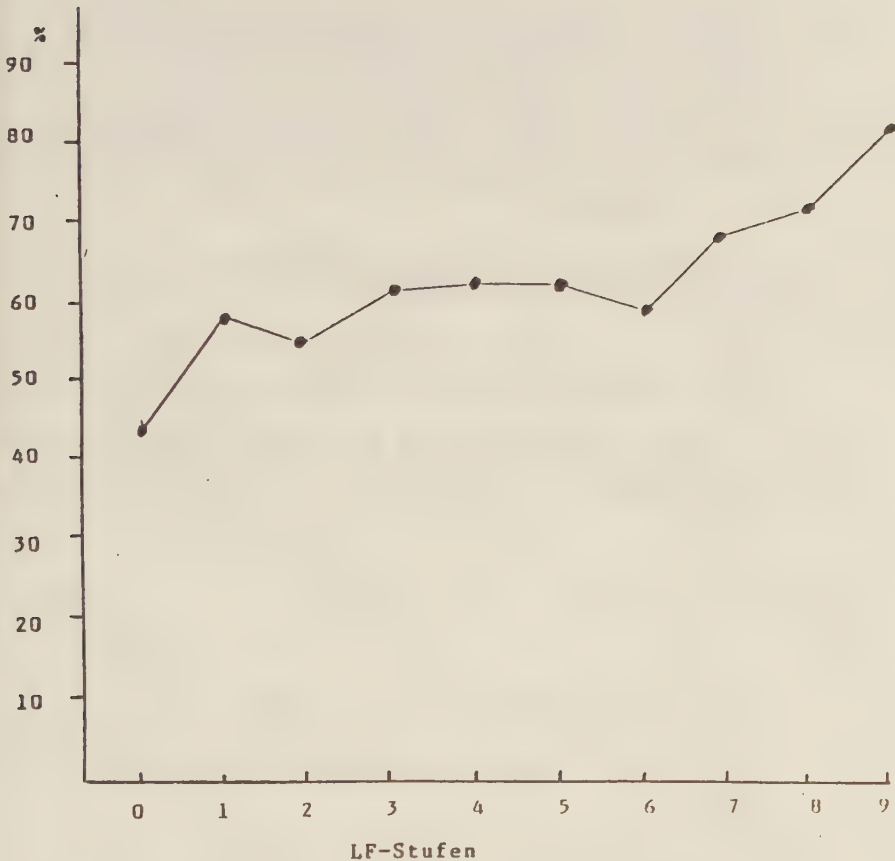


Abb. 14

Prozentuale Häufigkeit von positiven bakteriologischen Untersuchungsbefunden in den einzelnen Leitfähigkeitsstufen:

● : BU-positiv 1208 Proben

Die bakteriologischen Befunde der Milchproben lassen sich nur schwer mit der Zellzählung und der elektrischen Leitfähigkeit in Beziehung setzen.

Trotz dieser verschiedenen Grundvoraussetzungen lassen sich doch verschiedene Vergleichspunkte finden. So bestätigt die bakteriologische Untersuchung im Gesamtbild die in Zellzählung, SMT und Leitfähigkeitsmessung gefundenen Ergebnisse. Ausgehend von einem in LF-Stufe 0 noch meist negativen bakteriologischen Untersuchungsergebnis erfolgt ein rascher Übergang zu positiven bakteriologischen Untersuchungsbefunden. Es ist ein Anstieg der positiven Befunde auf über 84 % in der LF-Stufe 9 festzustellen.

Die bakteriologischen Untersuchungsergebnisse wurden in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1 oder BU=0 steht für Freisein von euterpathogenen Keimen, Gruppe 2 oder BU=1 steht für den Nachweis von euterpathogenen Keimen.

Zur genauen Eingruppierung wurde der Mittelwert, bezogen auf die Leitfähigkeitsstufen des WESCOR-Gerätes, für die beiden BU-Gruppen ermittelt.

Anzahl der Proben	Mittelwert der Leitfähigkeitsstufen	
832	2,4195	Gruppe 1
1208	3,2599	Gruppe 2

Die nicht mit euterpathogenen Keimen infizierten Proben liegen im Durchschnitt in der LF-Stufe 2 (genau 2,4195). Die bakteriologisch positiven Proben liegen im Durchschnitt in der LF-Stufe 3 (genau 3,2599).

Die hohe Zahl von 1 208 positiver bakteriologischer Untersuchungsbefunde weist ohne Differenzierung alle mit Keimen infizierte Euterviiertel aus.

Unter der großen Zahl von positiven Proben befanden sich 552 mit Mikrokokken (nicht hämolysierende, coagulase negative Staphylokokken) besiedelte Euterviiertel. Bei diesen Keimen handelt es sich um fakultativ pathogene Keime.

Zusammenhang von bakteriologischer Untersuchung und Zellzahlbestimmung:

Bei der Zellzahlbestimmung wurde ebenfalls der Mittelwert für jede der beiden bakteriologischen Untersuchungsgruppen ermittelt. Es zeigt sich in Analogie zur Leitfähigkeitsbestimmung, daß die nicht infizierten Proben im Durchschnitt weitaus weniger somatische Zellen, nämlich 557 999/ml, als die infizierten Proben, die im Durchschnitt bei 1 611 412 Zellen/ml liegen, aufweisen.

	Anzahl der Proben	Mittelwert der Zellzahl
Gruppe 1	832	557 999
Gruppe 2	1208	1 611 412

Zusammenhang von bakteriologischer Untersuchung und SMT:

Der SMT bestätigt die oben gefundenen Feststellungen. So liegt der SMT-Stufen-Mittelwert für die nicht infizierten Proben bei 0,263, also bei Schalmstufe 0. Der Mittelwert für die infizierten Proben liegt bei 0,6487, also in der Schalmstufe 1.

	Anzahl der Proben	Mittelwert der SMT-Stufen
Gruppe 1	828	0,263
Gruppe 2	1207	0,6487

4.8 Korrelation der Meßergebnisse untereinander

a) Die Korrelation der Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeitswerte mit dem MAS-D-TEC-Gerät zur Zellzahlbestimmung und zu Schalm-Mastitis-Test.

elektr. Leitfähigkeit	zu	Zellzählung	SMT
Korrelationskoeffizient r		0,4657	0,5551
Zahl der Proben		2041	2039

b) Korrelation von Zellzählung zu Leitfähigkeit und SMT

Zellzählung	zu	Leitfähigkeitsmessung	SMT
<i>r</i>		0,4657	0,5897
Zahl der Proben		2044	2039

c) Korrelation von Schalm-Test zu Leitfähigkeit und Zellzählung

SMT	zu	Leitfähigkeitsmessung	Zellzählung
<i>r</i>		0,5551	0,5897
Zahl der Proben		2039	2039

Die Untersuchungen zeigen, daß die elektrische Leitfähigkeitsmessung mit dem MAS-D-TEC-Gerät mit $r = 0,47$ zur Zellzählung durchaus brauchbare (zufriedenstellende) Korrelationen ergibt. Gute Korrelationen mit $r = 0,56$ ergeben sich zum SMT.

Der SMT und die Zellzählung sind, da sie beide direkt bzw. indirekt auf dem Gehalt an somatischen Zellen beruhen, mit $r = 0,59$ noch deutlicher korreliert.

4.9 Zuordnung der Meßdaten zu verschiedenen Stadien der Eutergesundheit
Zur besseren Verifizierung der Meßergebnisse kann in Anlehnung an die Definitionen der INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (1967, 1971) eine Klassifizierung der Euterviertel vorgenommen werden:

Gesund:	Die Zellzahl ist unter 500 000/ml. Es wurden keine pathogenen Mikroorganismen gefunden.
Latente Mastitis:	Die Zellzahl ist unter 500 000/ml. Es wurden pathogene Mikroorganismen gefunden.
Aseptische Mastitis:	Die Zellzahl ist über 500 000/ml. Es wurden keine pathogenen Mikroorganismen gefunden.
Septische Mastitis:	Zellzahl ist über 500 000/ml. Es wurden pathogene Mikroorganismen gefunden.

Dieser Eingruppierung der Euterviertel nach Zellzahl und bakteriologischem Befund folgend, wurde untersucht, wie viele der so eingestuften Euterviertel vom MAS-D-TEC-Gerät als richtig bzw. falsch erkannt wurden.

Die Skala des MAS-D-TEC-Gerätes geht ab Stufe 5 von "abnormaler" also Mastitismilch aus. Um größtmögliche Genauigkeit bei der Mastitisdiagnose zu erhalten, wurde der Grenzbereich von "normaler" zu "abnormaler" Milch rechnerisch verändert. Es wird im folgenden der oben erwähnte Gerätestandard (ab Stufe 5 Mastitis) sowie als Grenzwert die Stufe 4 und die Stufe 3 zur Mastitisdiagnosefindung herangezogen.

	normal	abnormal
Grenzwert 5:	0, 1, 2, 3, 4,	5, 6, 7, 8, 9
Grenzwert 4:	0, 1, 2, 3,	4, 5, 6, 7, 8, 9,
Grenzwert 3:	0, 1, 2,	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,

a) Gesunde Viertel: (BU negativ und $\leq 500\ 000/\text{ml}$)

637 Proben = 31,16 % der Euterviertel

LF-Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
richtig	144	169	153	79	46					
falsch						27	7	4	5	3

Bei Grenzwert 5 richtig eingestuft:	591 Proben = 92,68 %
falsch eingestuft:	46 Proben = 7,32 %
Bei Grenzwert 4 richtig eingestuft:	545 Proben = 85,56 %
falsch eingestuft:	92 Proben = 14,44 %
Bei Grenzwert 3 richtig eingestuft:	466 Proben = 73,16 %
falsch eingestuft:	171 Proben = 26,84 %

b) Aseptische Mastitis: (BU negativ und $> 500\ 000/\text{ml}$)

195 Proben = 9,54 % aller Euterviertel

23,4 % aller negativen BU-Befunde

LF-Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
richtig						24	29	14	10	15
falsch	15	14	26	20	28					

Bei Grenzwert 5 richtig eingestuft:	92 Proben = 47,18 %
falsch eingestuft:	103 Proben = 52,82 %
Bei Grenzwert 4 richtig eingestuft:	120 Proben = 61,54 %
falsch eingestuft:	75 Proben = 38,46 %
Bei Grenzwert 3 richtig eingestuft:	140 Proben = 71,79 %
falsch eingestuft:	55 Proben = 28,21 %

c) Latente Mastitis: (BU positiv und $\geq 500\ 000/\text{ml}$)

673 Proben = 32,93 % aller Euterviertel

LF-Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
richtig						17	11	4	3	2
falsch	106	213	163	99	55					

Bei Grenzwert 5 richtig eingestuft:	37 Proben = 5,56 %
falsch eingestuft	636 Proben = 94,50 %
Bei Grenzwert 4 richtig eingestuft:	92 Proben = 13,68 %
falsch eingestuft:	581 Proben = 86,32 %
Bei Grenzwert 3 richtig eingestuft:	191 Proben = 28,38 %
falsch eingestuft:	482 Proben = 71,61 %

d) Septische Mastitis: (BU positiv und $\geq 500\ 000/\text{ml}$)

535 Proben = 26,17 % aller Euterviertel

44,3 % aller positiven BU-Befunde

LF-Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
richtig						71	43	37	38	93
falsch	17	40	55	66	75					

Bei Grenzwert 5 richtig eingestuft: 282 Proben = 52,71 %
falsch eingestuft: 253 Proben = 47,29 %

Bei Grenzwert 4 richtig eingestuft: 357 Proben = 66,73 %
falsch eingestuft: 178 Proben = 33,27 %

Bei Grenzwert 3 richtig eingestuft: 423 Proben = 79,06 %
falsch eingestuft: 112 Proben = 20,94 %

Tabelle 19

Aussagekraft der I.F-Stufen bei der Mastitisthagnostik:

	Gesamt	richtig bei Grenzwert 5	richtig bei Grenzwert 4	richtig bei Grenzwert 3
<u>Gesunde Viertel</u>	637	92,68 %	85,56 %	73,16 %
<u>Asept. Mastitis</u>	195	47,18 %	61,54 %	71,79 %
<u>Latente Mastitis</u>	673	5,50 %	13,68 %	28,38 %
<u>Septische Mastitis</u>	535	52,71 %	66,72 %	79,06 %

5. Diskussion

Aus den in diesem Bericht erarbeiteten Vergleichen läßt sich, mit dem Großteil der Literatur übereinstimmend, eine positive Bewertung des MAS-D-TEC-Leitfähigkeitsmeßgerätes zur Mastitisdiagnostik abgeben. Der Vergleich mit Schalm-Mastitis-Test, somatischer Zellzählung und kultureller Untersuchung brachte breite Gebiete der Übereinstimmung hinsichtlich der Bewertung des Gesundheitszustandes von Eutervierteln.

Als Vorteile des Gerätes sind zu nennen:

- objektiv meßbare Ergebnisse (im Gegensatz zu SMT)
- einfache Handhabung
- der Einsatz direkt am Tier (im Stall oder Melkstand)
- sekundenschnelle Probennahme ohne zusätzliche Reagenzien
- sofortige Probenauswertung und Datenerhalt
- mehrmalige Probenkontrolle durch sofortiges Nachmelken (bei fraglichen Tieren zu empfehlen)
- das schnelle Aufstellen von Untersuchungsreihen (da sehr einfache Handhabung)
- der Viertelvergleich am selben Tier
- keine Gerätereinigung zwischen den einzelnen Proben und Tieren
- kein Probentransport
- nach einmaliger Anschaffung billiger Unterhalt
- als Therapiekontrolle nach der Therapie geeignet
- zur Verlaufskontrolle bei Problemtieren verwendbar

Während der Untersuchungen fielen folgende beachtenswerte Punkte auf:

- Bei der Probennahme ist auf äußerste Sauberkeit zu achten, da in die Meßzelle miteingeschwemmte Fremdkörper (Mist, Staub, Einstreu, Haare usw.) den Meßvorgang verfälschen können.
- Eine ausreichend große Menge Milch in kontinuierlichem Strahl eingemolken, verschafft sicherere Ergebnisse, als knapp bemessene Milchstrahlen.

- Blasenbildung muß beim Einmelken vermieden werden, da sonst der Meßvorgang beeinflußt werden kann. Zur Vermeidung der Luftblasenbildung ist ein ausreichend starker Strahl an den Trichterrand zu melken und nicht direkt in die Ablauföffnung zur Meßzelle.
- Gehäuse ist zwar robust und schlagfest, die Verbindung der Technik im Inneren mit dem Gehäuse ist allerdings sehr anfällig auf Schlag und Stoßwirkung.
- Das Auftreten falscher Ergebnisse ist z.T. bedingt durch die oben angegebenen Fehler bei der Handhabung. Besonders auffällig ist hierbei das häufige Erscheinen des 0-Wertes oder keines Wertes oder nur ein kurzes Aufblinken des 0-Wertes an der Meßskala.

Diese fraglichen Meßwerte konnten entweder durch die oben angegebenen Fehler bedingt oder tatsächlich auf die niedrige Leitfähigkeit der Milch zurückzuführen sein. Für den Fall des Auftretens des Meßwertes 0 empfiehlt sich, eine sofortige Wiederholungsmessung der selben Viertelprobe unter Berücksichtigung aller möglichen Fehlerquellen durchzuführen. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden diese Doppelproben ebenfalls durchgeführt, nachdem diese Schwachstelle bei der Probenahme erkannt worden war. Die Meßergebnisse konnten dadurch verbessert werden.

LF-Stufen	Zellzahlmittelwerte	
	nach 1575 Proben	nach 2044 Proben
0	294 048	263 904
1	287 107	278 133
2	439 648	396 804
3	692 297	616 481
4	1391 230	1287 981
5	1461 417	1427 647
6	2382 164	2242 122
7	2530 833	2406 000
8	2997 783	3348 911
9	7020 859	7977 239

Die Verbesserung zeigt sich in der Absenkung der Zellzahlmittelwerte in den unteren LF-Stufen (ca. 30 000 bei Stufe 0) und dem Anstieg der Mittelwerte in den oberen LF-Stufen.

Der Übergang von "normaler" zu "abnormaler" Milch ist im Bereich zwischen 4 und 5, wo er auf dem WESCOR-Gerät angegeben ist, zu hoch angesetzt (Zellzahlmittelwert 1 287 980 bei Stufe 4). Die erhaltenen Werte bei der Untersuchung auf die Brauchbarkeit des Gerätes zur Mastitisiagnostik weisen vielmehr auf die Stufe 3 bzw. Stufe 2 als entscheidenden Übergangsbereich zur Mastitismilch hin. Insbesondere der Bereich zwischen LF-Stufe 2 und 3 liegt mit den Zellzahlmittelwerten von 396 804 bzw. 616 481 im Übergangsbereich zur Mastitis.

Setzt man also die Grenze für die Mastitiserkennung in den Bereich zwischen die LF-Stufe 2 und 3, so ergeben sich hier die besten Ergebnisse in der Erkennung aseptischer Mastitiden (71,8 % richtig erkannt), septischer Mastitiden (79,1 % richtig erkannt) und latenter Mastitiden (28,4 % richtig erkannt). Es werden auch noch 73,2 % der gesunden Euterviertel richtig eingestuft.

- ✓ All diese Werte sind durch eine optimale Durchführung des Meßvorgangs (Ausschaltung aller Handhabungsfehler), durch eine regelmäßige Bestands- bzw. Verlaufskontrolle sicher noch zu verbessern. Dies würde besonders auf die Gruppe der latenten Mastitiden zutreffen, welche bekanntlich schwierig durch einmalige Untersuchung zu diagnostizieren sind.

Das Gerät stellt eine brauchbare Alternative zu den herkömmlichen Verfahren (SMT bzw. Zellzählung) dar. Das Gerät erlaubt eine weitaus differenziertere Einstufung der Eutergesundheit bei geringerem Aufwand als der SMT. Durch seine einfache Handhabung und problemlose Durchführung ist das MAS-D-TEC-Gerät der aufwendigen Zellzählung, nicht zuletzt durch den sofortigen Meßdatenerhalt überlegen. Eine mikrobiologische Untersuchung erhöht in Verdachtsfällen, besonders bei latenten Mastitiden den Wirkungsbereich des Gerätes und ist für anfallende Therapiemaßnahmen besonders wichtig.

In geübten Händen stellt das Meßgerät ein brauchbares Hilfsmittel zur Überwachung der Eutergesundheit dar, besonders im Hinblick auf verschärfte Milchhygienebestimmungen. In der Herdenkontrolle bietet sich bereits für den Landwirt die Möglichkeit, Sekretionsstörungen im Rahmen des Mastitisgeschehens frühzeitig und gezielt zu erkennen, um rechtzeitige Sanierungsmaßnahmen einzuleiten.

e) Zusammenfassende Datenaufstellung

- untersuchte Viertelgemelksproben 2044
- davon BU negativ: 832 = 40,70 %
- davon BU positiv: 1208 = 59,30 %
- davon 552 Mikrokokken = 27 % d.h.
32,3 % pathogene Keime
27 % fakultativ pathogene Keime
- davon Zellzahl
 - 0 - 199 999: 898 = 43,9 %
 - 200 000 - 299 999: 177 = 8,7 %
 - 300 000 - 399 999: 124 = 6,1 %
 - 400 000 - 499 999: 113 = 5,5 %
 - 500 000: 732 = 35,8 %
- davon Schalm-Mastitis-Test
 - 0 : 1387 = 68,0 %
 - 1 : 437 = 21,4 %
 - 2 : 80 = 3,9 %
 - 3 : 135 = 6,6 %
- davon LF-Stufen
 - 0 : 282 = 13,8 %
 - 1 : 437 = 21,4 %
 - 2 : 399 = 19,5 %
 - 3 : 264 = 12,9 %
 - 4 : 205 = 10,0 %
 - 5 : 139 = 6,8 %
 - 6 : 90 = 4,4 %
 - 7 : 59 = 2,4 %
 - 8 : 56 = 2,7 %
 - 9 : 113 = 5,5 %

6. Zusammenfassung

a) Das elektrische Milchleitfähigkeitsmeßgerät MAS-D-TEC MD 18 wurde im Stallgebrauch eingesetzt.

Die ermittelten Leitfähigkeitswerte wurden zu Zellzählungsergebnissen, Schalm-Mastitis-Test und Auswertung einer mikrobiologischen Untersuchung in Beziehung gesetzt.

Im Untersuchungszeitraum von März bis Oktober 1987 wurden 2044 Euterviertel auf ihren Gesundheitsstatus hin untersucht.

b) Von den untersuchten Viertelgemelksproben waren bei 40,7 % keine euterpathogenen Mikroorganismen nachweisbar, die restlichen 59,3 % waren damit behaftet. Der Schalm-Mastitis-Test fiel bei 68 % der Proben negativ aus, 21,4 % in Stufe 1, 3,9 % Stufe 2 und 6,6 % Schalm-Stufe 3.

Die fluoreszenzmikroskopisch durchgeführte Zellzählung stufte die Proben zu 43,9 % in den Bereich - 200 000 Zellen/ml, 20,3 % der Proben lagen im Bereich von 200 000 bis 500 000 Zellen/ml und 35,8 % über 500 000 Zellen/ml

Die elektrische Leitfähigkeitsmessung unterschied in 10 verschiedene Leitfähigkeitsstufen (0-9), wobei die Stufe 0 bei äußerst niedrigen Leitfähigkeiten auftrat, die Stufe 9 bei extrem hohen Leitfähigkeitswerten in der Milch vorkam.

- c) Alle erhaltenen Werte wurden zueinander in Beziehung gesetzt, um Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Es sollte die Brauchbarkeit des Leitfähigkeitsmeßgerätes zur Mastitisdiagnostik gezeigt werden.

Die Zellzählung stufte 64,2 % der Proben $< 500\ 000/\text{ml}$ ein, der Schalm-Mastitis-Test fiel bei 68,0 % der Viertelgemelksproben negativ aus und 67,6 % der Leitfähigkeitsmeßzahlen lagen im Bereich der Leitfähigkeitsstufen 0, 1, 2 und 3, also im Bereich normaler Milch. Es zeigte sich, daß alle drei geprüften Diagnoseverfahren vergleichbare Ergebnisse aufwiesen.

Die statistische Auswertung der Meßergebnisse untereinander weist zwischen elektrischer Leitfähigkeitsbestimmung und Zellzählung mit $r = 0,47$ eine signifikante Korrelation und von elektrischer Leitfähigkeit zu SMT mit $r = 0,56$ eine gute Korrelation auf.

- d) Das Meßgerät WESCOR- MAS-D-TEC MD 18 zeichnet sich gegenüber den herkömmlichen Diagnoseverfahren durch einige Vorteile aus. Eine sachgerechte Handhabung des Meßgerätes ist Voraussetzung für präzisen Meßdatenerhalt. Durch Verlaufskontrollen und Euterviertelvergleiche können subklinische und latente Mastitiden besser erkannt werden.

Summary

Detection of subclinical bovine mastitis

Comparison of somatic cell count, California-Mastitis-Test and electrical conductivity in quarter milk

- a) A hand held conductivity meter MAS-D-TEC MD 18 should be tested for cow-side detection of abnormal milk.
- The found conductivity values were correlated to somatic cell counts, California-Mastitis-Test and bacterial analysis.
- The samples were taken in the time from March to October 1987. There were taken milk samples from 2044 mammary quarters.
- b) From all tested quarter samples, 40,7 % had no mammary pathogenic bacteria, while the rest of 59,3 % were infected.
- The California-Mastitis-Test showed 68 % of the samples to be negativ, 21,4 % had the reading one, 3,9 % were at value two and 6,6 % of the samples were at CMT-value three.
- To enumerate somatic cells, there was used a fossomatic cell counter.
- There were found 43,9 % of the samples below 200 000 cells/ml, 20,3 % of the samples were in the range between 200 000 to 500 000 cells/ml and 35,8 % were above 500 000 cells/ml.
- The hand held conductivity meter indicates 10 sensitivities and shows a digital display from 0 to 9. 0 means the lowest conductivity rate and 9 the highest for extremely abnormal milk.

All data were analyzed for correlation coefficients and discriminant analysis to differentiate normal from abnormal quarters. There should be shown the reliability of the conductivity meter. By somatic cell counts 64,2 % of the samples were below 500 000 cells/ml. The California-Mastitis-Test qualified 68,0 % of the samples to be negativ and the conductivity meter showed 67,6 % of its test results in the display range from 0 to 3 which was the reading for normal milk.

The comparison of these parameters figure that there are nearly the same results in presenting the health status of mammary glands. There is a significant correlation between electrical conductivity and somatic cell count with a coefficient of 0,47 and there is a good correlation between electrical conductivity and SMT with a coefficient of 0,56.

- d) MAS-D-TEC by WESCOR offers some advantages to common tests for mastitis detection. If there is a good and proper handling provided, you can get accurate and reliable readings.

Frequent herd monitoring enables to detect subclinical mastitis and in combination with bacterial analysis provides the basis for the best mastitis therapy and an ideal means to control therapy.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. BATRA, T.R., Mc. ALLISTER, A.J. (1984)
A Comparison of mastitis detection methods in dairy cattle
Can. J. Animal Sci. 64 (2), 305-312
2. BJÖRKENFELDT, H., ISAKSSON, A., PHILIPS, A.-C. (1984)
Elektrische Leitfähigkeit in Milch und Mastitisiagnostik
Svensk Veterinärtidning 36 (11), 523-527
Zit. nach Milchwissenschaft 40 (8) 1985, 486
3. CULLEN, G.A. (1967)
A method of counting cells in milk using an elektronik cell counter
Vet. Record 80, 188-195
4. DAVIS, J.G. (1975)
The detection of subclinical mastitis by electrical conductivity measurements
Dairy Ind. 40, 286-308
5. DIERNHOFER, K. (1950)
Zit. nach ULBRICH (1975)
Mh. Vet. Med 30
6. FERNANDO, R.S., RINDSIG, R.B., SPAHR, S.L. (1981)
Effekt of length of milking interval and fat content on milk conductivity and its use for detecting mastitis
J. Dairy Sci. 64, 678-682
7. FERNANDO, R.S., RINDSIG, R.B., SPAHR, S.L. (1982)
Electrical conductivity of milk for detection of mastitis
J. Dairy Sci. 65, 659-664

8. FERNANDO, R.S., SPAHR, S.L., JASTER, E.H. (1985)
Comparison of electrical conductivity of milk with other indirect methods for detection of subclinical mastitis
J. Dairy Sci. 68, 449-456
9. GEBRE-EGZIABHER, A., WOOD, H.C., ROBAR, J.D.,
BLANKENAGEL, G. (1979)
Evaluation of automatic mastitis detection equipment
J. Dairy Sci. 62, 1108-1114
10. GREATRIX, G.R., QUAYLE, J.C., COOMBRE, R.A. (1968)
The detection of abnormal milk by electrical means
J. Dairy Res. 35, 213-221
11. GREGA, T., SZAREK, J. (1985)
Über die Beziehung zwischen Zellgehalt, Leitfähigkeit und ph-Wert in der Milch
Przegl. Mleczarski (2), 14-15
Zit. nach Milchwissenschaft 40 (10), 621
12. HAMANN, J. (1986)
Vergleichende Untersuchungen von Zellgehalt und Leitfähigkeit in Viertelansfangsgemelksproben
Milchwissenschaft 41 (1), 8-11
13. HAMMER, K. (1975)
Grundkurs der Physik, Teil 2
R. Oldenbourg Verlag, München/Wien
14. HAMMER, R. (1976)
Physik, Mittelstufe
R. Oldenbourg Verlag, München/Wien, 250

15. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (1967)
Annual Bulletin Part III, Bruxelles, Belgium
16. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (1971)
Annual Bulletin Part II, Bruxelles, Belgium
17. JENNES, R. and PATTON, S. (1967)
Grundzüge der Milchchemie
Bayer.Lw.-Verl., München, Basel, Wien, 2-25, 145-159, 238, 239
18. JONES, G.E. (1949)
A statistical examination of conductivity for aseptically drawn samples
Proc. Soc. Appl. Bact. 1/29, 29
19. KRENN (1938)
Zit. nach ULBRICH (1975)
Mh. Vet.Med. 30
20. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1971a)
Intracellular concentrations of sodium, potassium and chloride in the lactating mammary gland and their relation to secretory mechanism
J. Phys. 216, 683-700
21. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1971b)
The permeability of mammary ducts
J. Phys. 216, 701-706
22. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1971c)
The effects of oxytocin and milk removal on milk secretion of the goat
J. Phys. 216, 717-734
23. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1971 d)
Phys. Rev. 51, No. 3, 564-597

24. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1972)
Day-to-day variation in milk composition in the goat and cow as a guide to the detection of subclinical mastitis
Br.Vet.J. 128, 284-295
25. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1973)
Changes in mammary gland permeability at the onset of lactation in the goat: an effect of tight junctions?
J. Phys. 230, 139-147
26. LINZELL, J.L., PEAKTER, M., ROWELL, J.G. (1974)
Electrical conductivity of the foremilk for detecting subclinical mastitis in cows
J. Agr. Sci., 83, 309-320
27. LINZELL, J.L., PEAKER, M. (1975)
Efficiency of the measurement of the electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows:
Detection of cows on a single visit
Br.Vet.J. 131, 447-461
28. LITTLE, T.W.A., HERBERT, C.N., FORBES, D. (1968)
Electrical conductivity and the leucocyte count of bovine milk
Vet.Rec. 82, 431-432
29. MALCOLM, J.F., KING, C.W., CAMPBELL, M.M. (1942)
The value of the cell content and the electrical conductivity of milk as a criteria of bovine mastitis
Proc. Soc. Agr. Bact. 1942, 30-34
30. MASSIE, K., CHALTON, O. (1972, 1973)
Zit. nach LINZELL und Mitarbeiter 1974

31. MIELKE, H., SCHULZ, J. (1973)
Zit. nach ULBRICH (1975) und WITTKOWSKI (1979)
32. MIELKE, H. (1965), (1969)
Zit. nach ULBRICH (1975)
33. OKIGBO, L.M., SHELIAH, M.A., RICHARDSON, G.H.,
ERNSTROM, C.A., BROWN, R.J., TIPPLETS, E.L. (1984)
Portable conductivity meter for detecting abnormal milk
J. Dairy Sci. 67, 1510-1516
34. PEAKER, M. (1978)
The electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows. Comparison of various methods of handling conductivity data with the use of cell counts and bacteriological examination
Br.Vet.J. 134, 308-314
35. PEARSON, J.R.L., WRIGHT, C.L., GREER, D.O. (1970)
A study of methods for estimating the cell content of bulk milk
J. Dairy Res. 37, 467-480
36. POSTLE, D.S., BLOBEL, H. (1965)
Studies of bulk milk screening procedures for mastitis
J.Vet.Res. 26, 90-96
37. POUTREL, B., LERONDELLE, C.
Measurement of the electrical conductivity of milk to detect mastitis in the cow
Bull. Soc. Vet. Practique 63, 609 France

38. PRENTICE, J.H. (1962)
The conductivity of milk - the effect of the volume and degree of dispersion on the fat.
J. Dairy Res. 29, 131-134
39. RENNER, E. (1972)
Der Lactosegehalt der Milch als Indikator für Eutererkrankungen
Arch.Leb. -mitt.- Hyg. 23, 25-29
40. ROEDER, G. (1931)
Beiträge zur Methodik der Leitfähigkeitsbestimmung unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung der letzteren in der Praxis
Milchwissenschaft Forsch. 12, 236-243
41. ROMMEL, K. (1981)
Leitfähigkeitsmessungen in Elektrolyten. Die Wahl der richtigen Frequenz
LABO, Mai 1981, 549-552
42. SCHALM, O.W., NOORLANDER, D.O. (1957)
Experiments and observations leading to the development of the California-Mastitis-Test
J.A.V.M.A. 130, 199-204
43. SCHALM, O.W., CAROLL, E.J., JAIN, N.C. (1971)
Bovine mastitis
Lea u. Febinger Philadelphia
44. SCHALM, O.W., LASMANIS, J. (1968)
The leucocytes: origin and function in mastitis
J.A.V.M.A. 153, 1688-1694

45. SCHULZ, J., JAUTZE, G., ZEHLE, H. (1978)
Zum Einfluß von Stoffwechselstörungen des Rindes auf Eutergesundheit und Rohmilchqualität
Mh. Vet. Med. 33, 285-289
46. SCHULZ, M.E. (1956)
Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit als Hilfsmittel des Chemikers bei der Milchanalyse
Kieler Mi.-Wi. Forsch.-Ber. VIII, 641-652
47. SHELDRAKE, R.F., HOARE, T.J. (1981)
The detection of mastitis in individual quarters using electrical conductivity or somatic cell concentration
N.Z.Vet.J. 29, 211-219
48. SHELDRAKE, R.F., Mc GREGOR, G.D., HOARE, R.J.T. (1983)
Somatic cell count, electrical conductivity and serum albumin concentration for detecting bovine mastitis
J. Dairy Sci. 66, 548-555
49. SHELDRAKE, R.R., HOARE, R.J.T., Mc GREGOR, G.D. (1983)
Lactation stage, parity and infection affecting somatic cells, electrical conductivity and serum albumin in milk
J. Dairy Sci. 66, 1 542-547
50. SPAHR, S.L., FERNANDO, R.S., PUCKETT, H.B. (1983)
Mastitis detection by electrical conductivity of milk Page 23 in *Proc. of Nat. Mastitis Counc. Inc. Washington D.C.*
51. STROHELKER, BEZOVESCHDOFF (1928)
z.T. nach SCHULZ (1956)

52. SUZUKI, T., SUZUKI, M., MIYOSHI, S., MITSUMOTO, T. (1983)
Variation of electrical conductivity and somatic cell counts of milk as predictor of subclinical mastitis
Res. Bulletin of Obihiro University I 13 (3) 175-181
53. TOLLE, A., (1969)
Neue Wertmaßstäbe zur Beurteilung biochemischer Veränderungen in Rohmilch
Milchwissenschaft 24, 457-465
54. TOLLE, A., HEESCHEN, W., REICHMUTH, J., ZEIDLER, H. (1971)
Counting of somatic cells in milk and possibilities of automation,
Dairy Sci. Abstr. 33, 875-879
55. TÖPEL, A. (1976)
Chemie und Physik der Milch
VEB Fachbuchverlag Leipzig
56. ULBRICH, N. (1975)
Elektrische Leitfähigkeit und Laktosegehalt der Milch als Grundlage für automatisierbare Verfahren der Eutergesundheitskontrolle
Mh.Vet.-Med. 30, 415-419
57. WHEELLOCK, J.V., ROOK, J.A.F., NEAVE, F.K., DODD, F.H. (1966)
The effect of bacterial infections of the udder on the yield and composition of cow's milk
J. Dairy Res. 33, 199-215
58. WITTKOWSKI, G. (1979)
Meßwerte verschiedener für die Rindermastitis-Diagnostik empfohlener Parameter in Abhängigkeit von der Gemelkfraktion
Vet.-med.-Diss. München, LMU

59. WOLFE, R.R., SHARMA, Sc.C., WARD, G.E. (1972)
A method for electronic detection of bovine mastitis
Trans.Am.Soc. of Agr. Engineers 15, 500-509
60. WOOLFORD, M.W., WILLIAMSON, J.H. (1982)
The electrical conductivity of milk as a diagnostic of subclinical mastitis
New Zealand Soc. of Animal Production 8, 114-115

Herrn Prof. Dr. K. Walser möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas sowie für die fachliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit sehr herzlich danken.

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. W. Gedek und seinen Mitarbeitern vom Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., Abl. Eutergesundheitsdienst, in Grub für ihre stete und freundliche Hilfsbereitschaft.

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Dr. K. Osterkorn vom Institut für Tierzucht, der mir bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse durch seine Beratung zur Seite stand.

L E B E N S L A U F

Name: Rudolf Thomas Götz

Geburtsdatum: 12. Dezember 1959

Geburtsort: Oberhummel

Eltern: Rudolf Götz
Therese Götz, geb. Schmid

Schulbildung: September 1966 bis Juli 1970
Grundschule an der Münchner Straße in Moosburg a.d. Isar
September 1970 bis Juni 1980
Josef-Hofmiller-Gymnasium in Freising
27. Juni 1980 Abitur

Grundwehrdienst: 01.07.1980 bis 30.09.1981

Studium: Wintersemester 1981 bis Wintersemester 1986
Ludwig-Maximilians-Universität München

Staatsexamen: 4. November 1986

Approbation: 4. März 1987

**Beginn der
vorliegenden Arbeit:** März 1987

